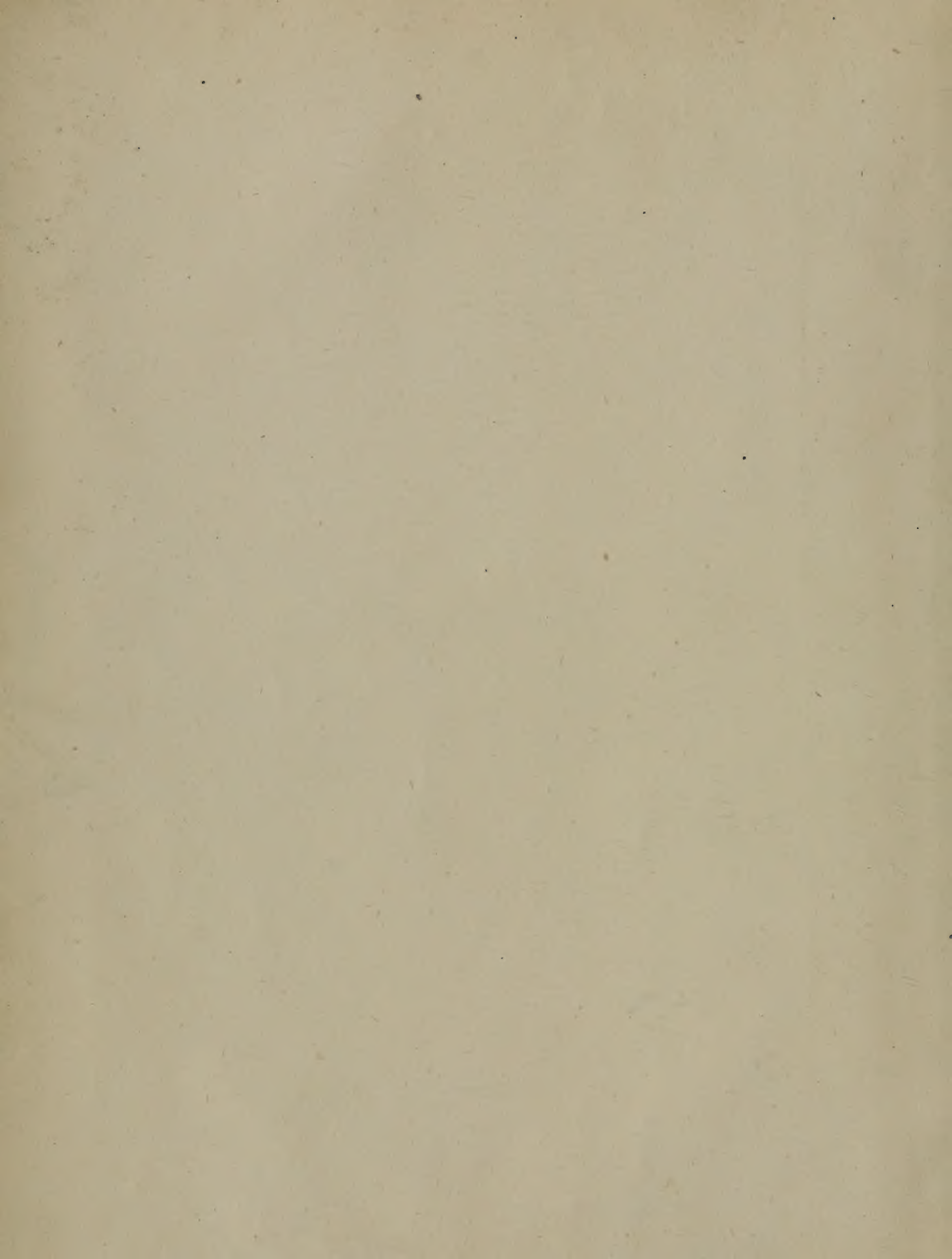
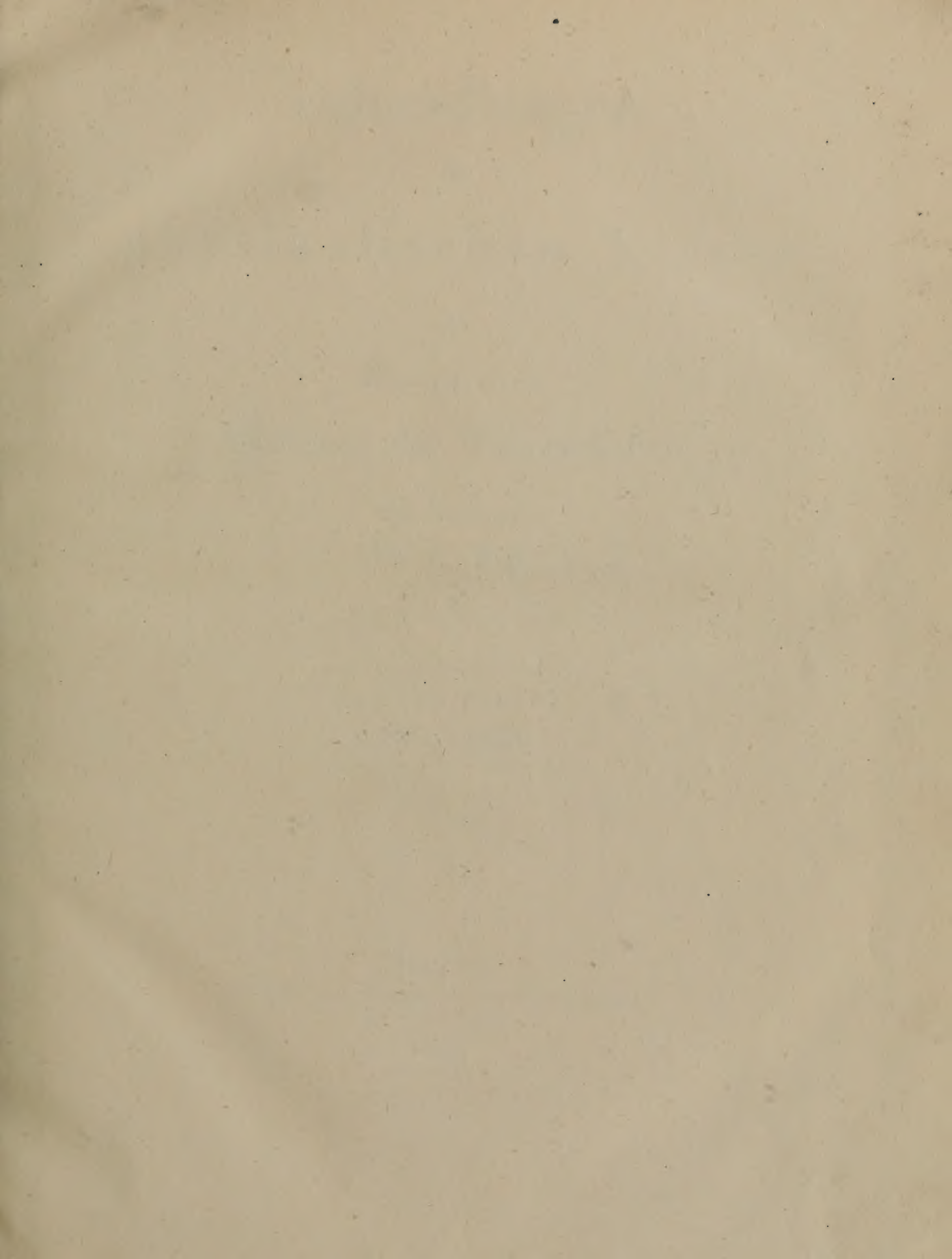










Abhandlungen

der

physikalischen Klasse

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

Aus den Jahren

1822 und 1823.



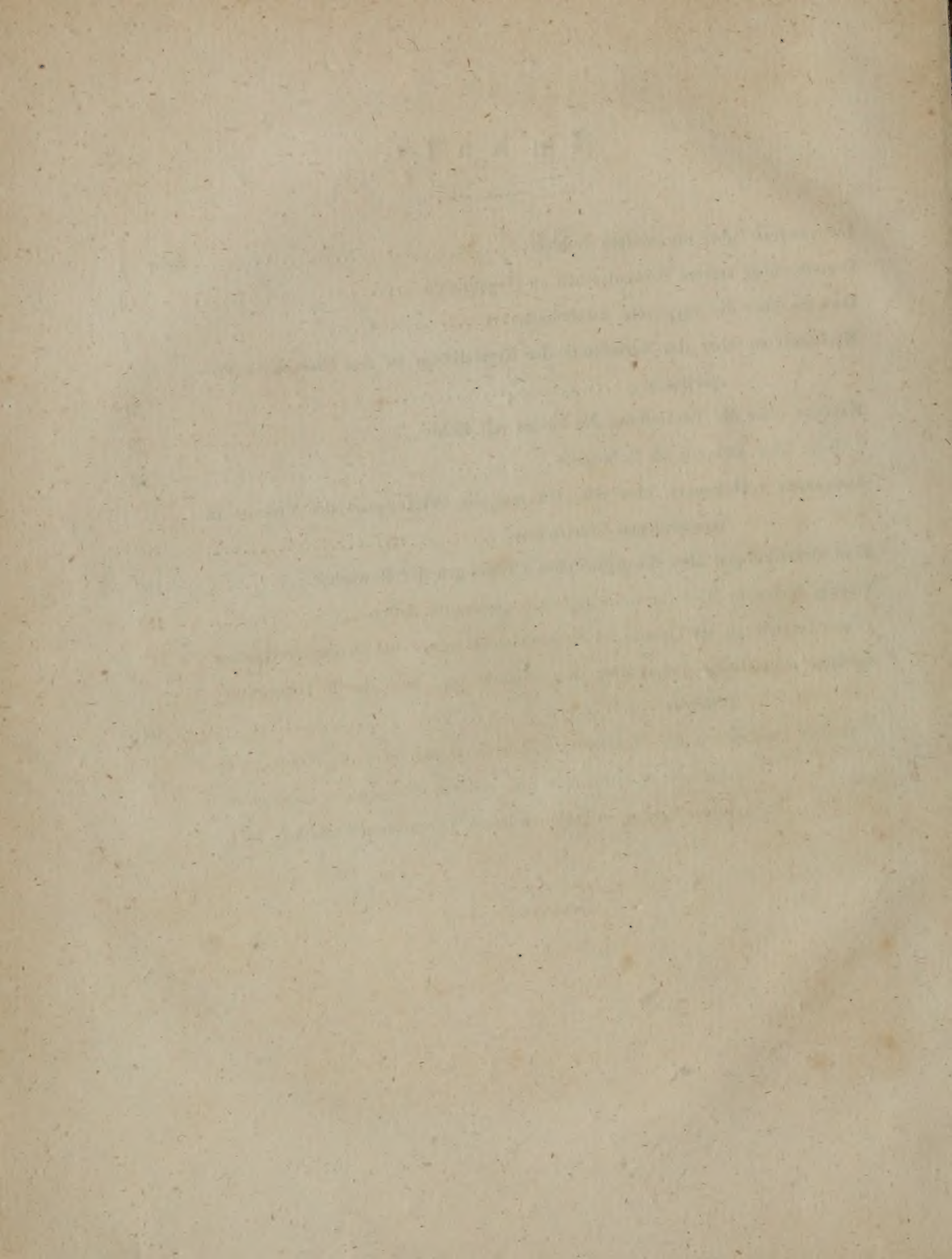
Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königlichen Akademie der Wissenschaften.

1825.

In Commission bei F. Dümmler.

Inhalt.



Über

die weiſsen Robben.

Von

Hrn. LICHTENSTEIN.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 28. März 1822.]

Die Robben, obgleich über alle Küstenstrecken der Erde verbreitet, gehören zu den am wenigsten richtig erkannten und unterschiedenen Säugethieren. Wieviel Arten von Robben giebt es, wie unterscheiden sie sich und auf welche Punkte kommt es dabei hauptsächlich an? Dies Alles sind Fragen, auf die es zur Zeit nur höchst unbefriedigende Antworten giebt.

Man hat bis jetzt hauptsächlich die Gröſse, die Färbung und Zeichnung, die Gestalt der Ohren und bei den auffallendsten Arten gewisse Auswüchse am Kopf, auch hin und wieder die Zahl der Vorderzähne zu Unterscheidungsmerkmalen genommen und doch sind alle diese Merkmale trüglich. Noch wissen wir von keiner Art, bis zu welchem äuſsersten Maaſs von Körpergröſse sie heranwachsen könne, und wenn wir auch annehmen wollen, unsre gemeine *Phoca vitulina* werde nicht über fünf bis sechs Fuſs groſs, so müssen doch alle die Riesenformen dieser Gattung auf ihren früheren Bildungsstufen ihr und den anderen kleineren Arten einmal gleich sein und durch andere Kennzeichen sich von ihnen unterscheiden lassen. Von den Farben wird in den Diagnosen mit groſser Bestimmtheit geredet, ja die mehresten Arten sind nur danach benannt und als bestehend angenommen und doch führen alle Schriftsteller in den Beschreibungen an, daſs die Farben sich merklich ändern, ja es wird von einigen genau bekannten Arten mit ziemlicher Bestimmtheit nachgewiesen, wie diese Änderung von Jahr zu Jahr fortschreitend vor sich gehe. Man darf daher ohne Zweifel bei den weniger bekannten Arten, auf die Zeichnung, in welcher man ein einzelnes Exemplar antraf, nicht

viel geben. Eben so wenig bieten die Mähnen, Fleischkämme und Hautauswüchse ein festes Merkmal, da sie nicht nur den Jungen, sondern sogar den Weibchen fehlen und erst an den alten Männchen zum Vorschein kommen. Was die Ohren betrifft, so ist deren Vorhandensein kein eigentlich specifisches Merkmal, denn alle Robben zerfallen danach in zwei auch übrigens wesentlich unterschiedne Gattungen: *Phoca* und *Otaria* (worüber nachher ein Mehreres). Die Zahl der Vorderzähne wechselt nur in so fern, als bald sechs bald vier Vorderzähne vorhanden sind; der letztere Fall ist selten, daher leistet dieses Merkmal wenig zur Unterscheidung der grofsen Menge von Arten.

Es ist unter diesen Umständen nicht zu verwundern, dafs die gangbaren Handbücher wenig Mittel an die Hand geben, sich in dieser Abtheilung zurecht zu finden. Jeder Schriftsteller deutet die Namen nach seiner Weise, und ändert und verwirft was seine Vorgänger gelehrt haben, ohne ein helleres Licht über das Ganze zu verbreiten. Den neueren Schriftstellern mufs man hiebei besonders zum Vorwurf machen, dafs sie die treffliche Monographie der nordischen Seehunde, die Otto Fabricius in den Schriften der naturforschenden Gesellschaft zu Kopenhagen schon vor dreifsig Jahren geliefert,(1) so ganz unbenutzt gelassen haben. Der einzige Bechstein in seiner Übersetzung von Pennants *Synopsis of Quadrupeds* erwähnt dieser Abhandlung in den Anmerkungen zu dem übersetzten Text, jedoch ohne sie für die Unterscheidung der von Pennant gänzlich verwirrten Arten anzuwenden. Selbst Cuvier hat diese Arbeit unberücksichtigt gelassen, die seinem Scharfsinn sonst viele Mittel geboten haben würde, die Arten der Robben genauer zu sondern, als in seinem Werke geschehn ist. Immer wird man auf diese Abhandlung wieder zurückkommen müssen, wenn man eine strengere Bearbeitung der Gattung vornehmen will, indem sie einen grofsen Schatz von Beobachtungen enthält, den der Verfasser während eines sechsjährigen Aufenthalts in Grönland über diese Thiere sammelte. Da die Polargegenden eben jetzt den Forschungsgeist in so vieler Rücksicht be-

---

(1) Schriften der naturforschenden Gesellschaft zu Kopenhagen. Deutsche Übersetzung. Kopenhagen 1793. Erster Band, 1ste und 2te Abtheilung. 8. Die Abhandlung selbst ist von 1790.

schäftigen, so ist die Zeit vielleicht nicht mehr fern, wo auch diese Lücke ausgefüllt und die Fragen, die Fabricius noch unbeantwortet läfst, befriedigend beantwortet werden sollen.

Auf diese Fragen bestimmter hinzuweisen und durch einige Erfahrungen, die ich zu machen Gelegenheit gehabt, ihre Wichtigkeit zu erweisen, ist hier meine Absicht, indem ich mich zu einer Kritik der ganzen Gattung für jetzt noch nicht gerüstet fühle.

Alle Schriftsteller stimmen darin überein, dafs die Jungen der Seehunde von der Geburt an mit einem weichen wolligen Haar bedeckt sind, welches bei den meisten rein weifs oder gelblichweifs, bei andern (vielleicht den heranwachsenden) hin und wieder mit dunkleren Flecken getüpfelt sei. Nach Olafsen wird dieser jugendliche Pelz in Island unter dem Namen Snodfell als ein guter Handelsartikel geschätzt und von den Eingebohrnen häufig zu Winterkleidern gebraucht, welches letztere auch Fabricius, der dafür die Grönländischen Namen beibringt, bestätigt. Die Jungen tragen dieses Fell nur einige Wochen, dann verlieren sie (wie es genannt wird) ihr Snod und die straffen kurzen dicht anliegenden dunklen Haare kommen zum Vorschein.

Keiner von allen Schriftstellern läfst glauben, dafs solches Snodfell auch bei Alten vorkommen könne, doch werden viele Arten als bedeckt mit weichem langen Haar von weifser Farbe beschrieben z. B. *Ph. cucullata, leporina, foetida u. a.* und man hat dann die Diagnosen darauf gegründet und diese Farbe und Beschaffenheit des Haars als constante Merkmale betrachtet. Dafs sie es aber nicht seien, beweist folgende Erfahrung.

Mit heftigen Nordweststürmen die vom 19ten bis 22sten März v. J. geweht hatten, trieben viele grofse Eisschollen durch den Sund in die Ostsee, von denen einige am 28sten dess. Mon. an die Pommerschen Küsten gelangten. Fischer aus der Gegend von Swinemünde bemerkten schlafende Robben auf diesen Schollen, die ihnen gleich wegen der rein weifsen Farbe auffielen. Sie bemächtigten sich einiger derselben, brachten sie ans Ufer und liefsen sie für Geld sehen und da sie sich immer mehr von der Seltenheit dieser Erscheinung überzeugten, wurde eins dieser Thiere nach Berlin gebracht und auch hier zur Schau gestellt. Als es am 13ten April hier ankam, war es überall mit weifsen seidenartigen, etwa anderthalb Zoll langen Haaren bedeckt, zwischen welchen dicht auf der Haut ein

dunklerer Pelz lag; es war drei und einen halben Fufs lang, der Kopf gestreckt, das Auge lebhaft und dunkelbraun von Farbe, (also an Deutung auf Albino-Varietät und Photophobie nicht zu denken) und der Körper so feist, dafs bei höchster Verkürzung des sehr dehnbaren Halses eine grofse Hautfalte sich am Hinterkopfe in Gestalt einer Kappe hinaufschob. So pafste Pennants Beschreibung der *Phoca cucullata*, mit Ausnahme der dazu citirten Synonymen, die sich auf den Seelöwen beziehn, vollkommen zu unserm Thier. Als ich am 15ten dasselbe noch genauer betrachtete, fand ich die Schnauze und die Oberseite der Füfse schon verändert. Das Haar wurde hier dünner und die schwärzliche Grundfarbe kam stellenweis zum Vorschein. In einer kurzen Nachricht in der Spenerschen Zeitung (Nr. 46. vom 17ten April) durch welche ich die Studirenden und Freunde der Naturgeschichte auf die angekommene Seltenheit aufmerksam machte und eine Deutung auf die Namen in den systematischen Handbüchern versuchte, gab ich gleich, in Hinweisung auf die Erzählungen von dem Snodfell, die Vermuthung zu erkennen, dafs dieser weifse Robbe bei längerem Leben in der Gefangenschaft, vielleicht seine Farbe verändern und dann nicht mehr so merkwürdig erscheinen werde. Diese Vermuthung bestätigte sich unerwartet schnell, zu grofsem Verdrufs des Besitzers, denn gleich in den ersten acht Tagen fiel das weifse Haar flockenweis vom Kopf und Nacken, dann wurden Hinterfüfse und Bauch, zuletzt der Mittelrücken von dieser schönen Bedeckung frei und noch vor Ende des Monats sah das Thier bei oberflächlicher Betrachtung jedem andern Robben ähnlich. Die Grundfarbe war schmutzigweifs und zahlreiche bräunliche Flecken von einem halben bis ganzen Zoll Durchmesser bedeckten die ganze Oberseite, dicht gedrängt und zusammenfliefsend am Kopf, Nacken und Oberrücken, discreter an den hinteren Theilen des Leibes. Das nun zum Vorschein gekommene Haar war kurz, straff, elastisch, platt, dicht anschliefsend, das abgeworfene dagegen fein, weich, rund, mit aufgerichteten Spitzen. Den Bau der Zähne mit einiger Genauigkeit zu untersuchen, verstattete die Unruhe und Bissigkeit des Thieres nicht. Es wurde also, ohne dafs sich etwas Weiteres ausmitteln liefs, ferner noch hier und in der Umgegend für Geld gezeigt und starb endlich im August, nachdem es noch um mehrere Zoll gewachsen war und einen ziemlich hohen Grad von Zähmung angenommen hatte.

Ich verlasse nun fürerst die Hauptfrage wegen des Haarwechsels, um die Namenbestimmung des Thieres festzustellen.

Da Fabricius in den Angaben über die Zahnbildung bei allen den von ihm untersuchten Robben so äufserst genau gewesen ist, so erwartete ich mit Recht von der Untersuchung des Gebisses den sichersten Aufschlufs und wendete daher meine Aufmerksamkeit, sobald das Thier an das Museum abgeliefert war, auf diesen Gegenstand. Ich fand sogleich die Bildung der Zähne viel abweichender von der aller mir bekannten Robben, als ich erwartet hatte. Statt der dicht an einander stehenden dreizackigen Backenzähne fand ich durch bedeutende Zwischenräume gesonderte gekrümmt kegelförmige also den Eckzähnen ähnlich gebildete, die unteren mit den oberen alternirend wie bei den Delphinen, ja selbst die Vorderzähne hatten die rückwärts gekrümmte Kegelform. (1)

Unter allen von Fabricius nach vollständiger Kenntnifs beschriebenen Robbenarten ist keine, die ein solches Gebifs hätte. Dagegen liefert dieser Schriftsteller als Zugabe zu dem kurzen Artikel über *Phoca porcina Mol.* (2) die Beschreibung einer ihm nicht genügend bekannten, sehr seltenen Robbenart, die er mit dem Namen *Phoca Gryphus*, der krummschnauzige Robbe, belegt, und von welcher er glücklicherweise eine kurze Beschreibung der äufseren Merkmale und eine ausführlichere, von einer Abbildung begleitete des in seinem Besitz befindlichen Schädels

---

(1) Hier die genaue Beschreibung des Gebisses in der strengeren Kunstsprache:

Dentes omnes conici, retrorsum curvati.

Primores sup. sex., inferior. quatuor; inferiores aequales, breves, per paria disjuncti spatio intermedio; superiorum utrinque externus major, laniarium simulans, postice exaratus canaliculo angusto, quatuor intermedii longiusculi subaequales.

Laniarii inferiores approximati, postice et interne canaliculati, superiores a primoribus interstitio diremti (pro recipiendo laniario inferiore) forma inferioribus similes.

Molares utrinque utrinsecus quinque alternantes; superiorum primus caeteris minor, apice introrsum incurvus, reliqui subtriquetri, latere externo convexo, retrorsum et introrsum uncinati, tertius et quartus omnium maximi; inferiores subtriquetri aut pyramidales, secundus tertius majores (maximis superiorum fere aequales) simplices, primus quartus quintus compressiusculi, utrinque gradu minuto aucti.

(2) a. a. O. S. 149. und Tab. XIII. fig. 4.

liefert. Beide genügen, um zu der Gewifsheit zu führen, dafs unser Robbe dieser seltnen Art angehöre. (1)

Ein andrer Schriftsteller, der sie kennt und beschreibt, aber ohne von der Fabriciusschen Arbeit zu wissen, ist Pallas. In seiner leider noch immer dem Publicum vorenthaltenen *Zoographia rosso-asiatica* giebt er ihre Beschreibung unter dem Namen *Ph. ochotensis* (Vol. I. p. 117.) Vergleicht man seine Schilderung mit der von Fabricius, so scheinen beide nicht ganz mit einander zu stimmen, was daher rührt, dafs letzter ein altes, Pallas aber ein junges Exemplar vor sich hatte. Alle wesentliche Merkmale treffen indessen zu, und was etwa nicht ganz verständlich wird, wie z. B. Pallas Angabe von den etwas vorragenden Ohrrändern das wird klar, wenn man das Thier selbst, von dem wir glücklicherweise aufser dem oben angeführten noch ein junges Exemplar besitzen, mit den Beschreibungen beider Gelehrten vergleicht. Auf sie darf ich daher hier verweisen und mich begnügen anzuführen, dafs aufser dem oben Angegebenen die wesentlichen Merkmale in dem besonders breiten und flachen Zwischenraum zwischen den beiden Naselöchern, ferner in der schon oben berührten langstreckigen und zugleich etwas gewölbten Form der Schnauze bestehn, welchen schon von Fabricius angegebenen Kennzeichen ich noch hinzufüge, dafs die Krallen an den Vorderzehen sich durch ihre langstreckige sehr gekrümmte und schmale Form von den Vorderkrallen der übrigen Robbenarten, die ich zur Vergleichung vor mir habe, sehr auffallend unterscheiden, ferner, dafs die Bartborsten, platt und in der Mitte wellenförmig, in sechsfacher Reihe übereinander stehn und dafs sich über jedem Auge eine lange weifse Borste nebst drei kleineren von dunklerer Farbe befindet. Übrigens mag die hier beigefügte Abbildung einstweilen eine ausführlichere Beschreibung ersetzen. Sie wurde gleich in den ersten Tagen, als das Thier noch mit seinem Pelz bedeckt war, verfertigt, und stellt dasselbe in ruhender Stellung

---

(1) Die Abbildung des Schädels stimmt, was die Form und Einfügung der Zähne betrifft, nicht ganz genau mit der Beschreibung und mit meiner obigen Angabe überein, doch glaube ich auf sie deshalb geringeren Werth legen zu dürfen, weil Fabricius sich in der Wahl seiner Worte überall sehr streng bewährt, dagegen beklagt, dafs er kein Zeichner sei, weshalb auch an den andern Abbildungen noch vieles zu wünschen übrig bleibt.

mit mäfsig verkürztem Hals vor. Erst wenn der Kopf noch mehr angezogen und aufwärts bewegt wurde, bildete sich über demselben die Kappe, deren Falten jetzt hier im Nacken erscheinen. Dagegen konnte sich der Hals auch um das doppelte seines hier gegebenen Maafses verlängern und in solcher Stellung mufs ihn Fabricius gesehn haben, wenn er auf die ganz unstatthafte Vermuthung geräth, Parson habe mit seinem langhalsigen Seehund *(Ph. longicollis Penn.)* diese Art gemeint. Eben so wenig läfst sich die Beziehung auf den Schildkrötenköpfigen Robben desselben Schriftstellers *(Phoca testudinea)* und auf das von Perrault untersuchte Seekalb mit einigem Grunde rechtfertigen, denn beide werden immer wegen Unvollständigkeit der Beschreibung zweifelhafte Arten bleiben. Dagegen kann ich die Vermuthung nicht unterdrücken, dafs diese Art oft mit *Ph. hispida* verwechselt worden sei, wiewohl die Beschreibung dieser Art bei Fabricius, sie als eine von der unsrigen verschiedene Art darstellt.

Ich kehre zurück zu dem eigentlichen Gegenstande dieser Abhandlung. Es wäre sehr widersinnig, anzunehmen, das uns hier zugekommene Exemplar sei ein Junges vom Jahr gewesen, das eben bei uns sein Snodfell abgelegt. Denn wenn es auch nicht glaublich ist, dafs die Robben, wie einige Beobachter (1) versichern, bei der Geburt nicht gröfser als eine Maus seien, so geht doch ihr Wachsthum nach Aller Aussage langsam von Statten. Auch abgesehen von der ansehnlichen Gröfse unsers Exemplars zeigte die Festigkeit aller Schädelknochen, und die Stärke des Gebisses, dafs man es mit einem muthmafslich wenigstens zweijährigen Thier zu thun habe. Überdies werfen die Robben erst im Februar und März, ein volles Jahr mufste es also wenigstens alt sein. Wer nun geneigt sein möchte, zu glauben, die Verwandlung die hier mit dem Thier geschehen, sei nur Übergang aus dem Zustand der Kindheit, würde damit zugleich behaupten, das Snodfell halte sich an den Robben während des ganzen ersten Lebensjahres. Dagegen aber streiten nun die bestimmtesten Aussagen aller Zeugen. So lange die Jungen dieses Snodfell haben, bleiben sie auf dem Eise oder zwischen den Felsenspalten, denn sie können in diesem wolligen Pelz nicht gut schwimmen, und erst

(1) Unter andern Fabricius a. a. O. S. 109.

wenn sie ihn abgelegt haben, was schon nach vier Wochen geschieht, begeben sie sich ins Wasser und werden von der Mutter zum Fischfang angeleitet, die sie dann fortan auch nicht mehr säugt. Diese Thatsachen werden nicht irrig angegeben sein; denn der Geldgewinn treibt darauf hin, sie richtig zu kennen, und der grönländische Jäger wird wissen, wo und wie lange er die Jungen aufsuchen soll, deren Fell ihm theurer bezahlt wird, als das der Alten.

Es bleibt also nichts übrig, als anzunehmen, dafs wo nicht alle, doch einige Arten von Robben, und zwar wahrscheinlich die am höchsten gegen den Pol hin sich aufhaltenden, also seltensten, so gut ein Winterkleid haben, wie so viele andre warmblütige Polarthiere: einen weifsen dichteren Pelz, der zur Zeit ihres gröfsten Fettreichthums, im Herbst, sich bildet und sie während einer trägen Winterruhe, die sie in Eisspalten und unter Schneedecken zubringen, bekleidet. Es ist nichts in dem Haushalt oder der Organisation dieser Thiere, das mit einer solchen Annahme stritte, dagegen die Analogie der mehrsten übrigen Polar-Säugethiere nur dafür sprechen kann. Warum auf diesen Hergang bis jetzt noch nicht gemuthmafst worden, daran kann die Ursache eines Theils darin liegen, dafs die an den bewohnten Küsten vorkommenden Arten an diesem Wechsel nicht Theil nehmen, andererseits dafs man die wenigen Beispiele von lang und weifsbehaarten Robben immer auf ursprüngliche Verschiedenheit bezogen, nicht für Folge eines periodischen Processes, sondern für constante Eigenthümlichkeit angesehn und so jede andre Deutung verschmäht hat. In der That aber bleiben für alle die obengenannten langhaarigen Robbenarten, wenn man ihnen dies Hauptmerkmal nimmt, keine anderen übrig, wodurch sie sich mit einiger Bestimmtheit von anderen Arten unterscheiden liefsen und es ist mir sehr wahrscheinlich, dafs man sie dereinst zu gewissen bekannteren Formen zurückführen werde. Ich habe mit Fleifs in den Schriften, die solcher langhaarigen Robben erwähnen, nach einer Angabe der Jahrszeit, in welcher man sie gefunden, gesucht, aber eben so wenig etwas gefunden, das meine Meinung geradezu bestätigte, als etwas, das sie widerlegte. Ein einziges beglaubigtes Beispiel von dem Vorkommen jener zweifelhaften Arten im hohen Sommer würde ihre Ächtheit bewähren und meine Vermuthung umstofsen. Allein ein solches findet sich nicht, vielmehr reden alle nur

davon, dafs diese vermeinten Arten sich stets auf dem Eise aufhalten, lieber hungern als es verlassen, überhaupt träge und unbehülflich sind, welches alles auf den Winterzustand oder den Übergang von demselben in den Frühling vollkommen pafst. Selbst die von Pallas aufgestellte *Phoca albigena* von Kamtschatka scheint zu den haar-wechselnden zu gehören, denn das Exemplar, welches unser Museum aus der Hand des unsterblichen Naturforschers selbst empfing und welches mit dem Snodfell bedeckt ist, scheint nach seiner Gröfse und Zahnbewaffnung nicht für ein Junges gehalten werden zu können.

Soviel geht wenigstens unstreitig aus dieser Beobachtung hervor, dafs die wollhaarigen Species: *Ph. cucullata*, *leporina*, *hispida*, *foetida* nicht als wahre Arten angenommen werden können, bevor ihnen nicht andere Merkmale nachgewiesen werden, ferner dafs überhaupt die von der Färbung und Form des Haares hergenommenen Kennzeichen trüglich sind und dafs man sich in Zukunft vorzugsweise an die Schädelform und Zahnbildung, Stellung und Form der Bart-Borsten und Nasenlöcher, Gestalt und Verhältnifs der Füfse und Nägel und des Schwanzes zu halten haben wird, wie denn schon Pallas am Schlufs seiner Beschreibung der Robben in dem angeführten Werk auf diese Kennzeichen als die besten aufmerksam macht und die Herrmannische Weise in Beschreibung der Thiere zur Nachahmung empfiehlt.

* * *

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne noch Einiges über die merkwürdige Gruppe, von Seesäugethieren, welche neuerlich auf Pérons Vorgang unter dem generischen Namen *Otaria* (Ohren-Robbe) von den wahren Robben getrennt ist, hinzuzufügen. Diese Gattung, bisher immer mit den Robben verschmolzen, ist von denselben unterschiedener als Ottern von Mardern oder Wiesel von Zibeththieren. Man hat es nur der Oberflächlichkeit der früheren Beobachtungen zuzuschreiben, dafs eine so unnatürliche Zusammenstellung nicht schon längst aufgehoben worden. Es würde dann viel früher klar geworden sein, wie leise und allmählig die Übergänge sind von der Bildung der Ottern und Robben zu der der fischartigen See-Säugethiere.

Die Ohren-Robben haben zu unterscheidenden Merkmalen

1tens dicht neben einander stehende langstreckige Hinterfüfse mit verhältnifsmäfsig schwachen Nägeln, über welche eine lange schlaffe geschlitzte Schwimmhaut weit hinausreicht;

2tens die Vorderfüfse ganz flossenartig ohne alle Spur von Nägeln, in der Mitte des Leibes fast gleich weit entfernt vom Kopf wie vom Schwanz;

3tens eine äufsere Ohrmuschel, die in Gestalt eines eingerollten Zipfels über der Ohröffnung herabhängt;

4tens in der Form der Schnauze, so wie in der Stellung der Augen und Ohren mehr mit den Ottern, als mit den Robben gemein;

5tens endlich: die obern Vorderzähne zweischneidig, die untern einpassend mit einfacher Schneide in die Vertiefung zwischen den beiden Schneiden der oberen, die Backenzähne nicht in einer stetigen Reihe, sondern durch kleine Zwischenräume von einander getrennt und kegelförmig.

Diese Gattungskennzeichen sind noch von Niemand vollständig zusammengestellt, da man sich mit Recht gescheut zu haben scheint, nach einem einzelnen Exemplar zu urtheilen. Ich habe deren mehrere verglichen und von auswärtigen Freunden Mittheilungen über von ihnen angestellte Vergleichungen erhalten. Danach habe ich es gewagt obige allgemeine Merkmale als auf die unterschiednen Arten zutreffend aufzustellen.

Es gehören zu dieser Gattung von den bereits bekannten Robbenarten folgende:

1tens *Phoca ursina* der Seebär.
2tens *Phoca leonina* der Seelöwe. *(Ph. jubata Gmel.)*
3tens *Phoca australis Penn. (et. P. longicollis Pars.)*
4tens *Phoca aurita Penn. (P. flavescens Shaw)* endlich
5tens *Phoca pusilla Schr. (P. nigra Pall.)*

Wahrscheinlich gehört auch Molina's *Ph. lupina* hieher; zweifelhafter bin ich wegen *Ph. cristata* oder *elephantina*, die wohl ein ganz eignes *genus* ist.

Von den unter 3, 4 und 5 aufgeführten Arten gehen die Verschiedenheiten noch nicht genau hervor. Es ist möglich, dafs sie alle auf die eine Art zurückkommen, die Buffon unter dem Namen *Petit*

Phoque beschrieben und abgebildet. Diese wenigstens ist allein ganz kenntlich, der schlechten Abbildung aber nicht nur gar kein Verdienst zuzuschreiben, sondern sie mufs als das Haupthindernifs einer früheren besseren Einsicht angeklagt werden. Indessen nemlich Buffon ausdrücklich sagt, die Vorderfüfse säfsen genau in der Mitte des Leibes, werden sie auf der Abbildung vorgestellt, wie sie bei den wahren Robben stehn. Auch giebt der Maler ihnen Nägel, wovon Buffon (freilich auch etwas nachlässig) gar nicht spricht, und so ist diese Bild in das Schrebersche und viele andere Werke übergegangen und freilich damit auch nicht ähnlicher geworden.

Da es nun ganz an einer Abbildung fehlt, die das Characteristische der Gattung wie der Art einigermafsen getreu darstellte, so halte ich es für nützlich sie hier beizufügen. Es ist in den Verhältnissen nichts übertrieben oder entstellt und die Messungen, wie ich sie hier gebe, sind an drei Exemplaren in durchaus gleichen Verhältnissen befunden worden:

Ganze Länge von der Schnauze bis zur Schwanzspitze	5 F.		
Von der Schnauze bis zum innern Augenwinkel . . .	- -	2 Z.	
Durchmesser des Auges	- -	- -	10 L.
Vom äufsern Augenwinkel bis zum Ohr	- -	2 -	6 -
Länge des Ohrs	- -	1 -	4 -
Vom Ohr bis zum Vorderarm	1 -	- -	- -
Länge des Vorderarms mit der Flosse	- -	7 -	6 -
Von der Vorderflosse bis zur Hinterflosse	1 -	4 -	- -
Länge der Hinterflosse	- -	7 -	- -
Länge der beiden mittleren Zehen	- -	1 -	2 -
Länge der Schwimmhaut	- -	3 -	- -
Länge des Schwanzes	- -	1 -	- -

Zur Erläuterung der Abbildung und Vervollständigung der Beschreibung füge ich noch folgendes hinzu.

Der ganze Leib ist mit zweierlei Haar bedeckt, nemlich einem ungemein feinen und dichten Wollpelz und dazwischenstehendem Borstenhaar. Letzteres ist rund, an der Wurzel weifs, an der letzten Hälfte dunkelbraun mit feiner weifser Spitze, und um eine starke halbe Linie länger als das sechs Linien lange Wollhaar. Diese Spitzen des Bor-

stenhaars geben die Färbung, die an unserm Exemplar tief braun grau ist, nur die Seiten des Kopfes sind weifslich, nur der Unterleib hellgrau. Gegen die Extremitäten hin wird die Farbe immer dunkler und auf der Oberseite aller vier Füfse zuletzt glänzend dunkelbraun. Es ist das Borstenhaar, das hier diese Farbe annimmt, der dazwischen liegende Wollpelz ist sehr kurz und liegt dicht auf der Haut an. Die Unterseite der Flossen sowohl als der Füfse ist nackt, schwarz und der Länge nach fein runzlich. Die Flossen sind an ihrem hintern Rande blofs dünnhäutig, die Haut selbst lappig oder unregelmäfsig eingekerbt, bis auf drei Zoll von der Spitze ganz unbehaart. Die Reste von Zehen, die noch darin stecken, sind platt, breit und grofs, die letzten Phalangen scheinen ganz knorplig.

An den Hinterfüfsen geht eine breite Schwimmhaut welche alle Zehen an der Unterseite verbindet, zwei Zoll lang über dieselben hinaus. Sie zeigt sich an ihrem Hinterrande in fünffacher Theilung nach der Zahl und Richtung der Zehen von denen die drei mittelsten deutliche Nägel haben, die, wiewohl nur einen halben Zoll lang, doch diese lose Haut hauptsächlich stützen. Die beiden äufseren Zehen haben keine eigentliche Nägel, sondern ihre Spitzen sind nur mit einer nackten etwas derberen Haut überzogen. Das Ohr ist sehr schmal, etwas über einen Zoll lang, nach innen aufgerollt mit dickerem hinteren Rande und durch seine Lage weit vom Auge und tief am Halse hinab merkwürdig. Nur die Seeotter *(Phoca Lutris Pall., Lutra marina Lin Gm.)* stimmt in dieser Stellung der Ohren und in dem ganzen Bau des Kopfes mit dieser Art überein. Wie merkwürdig wird das Skelet sich zeigen, wenn man einmal zu seiner Untersuchung gelangt!

Über
äufsere Backentaschen an Nagethieren.

Von
Hrn. LICHTENSTEIN.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 28. März 1822.]

Wer den zoologischen Entdeckungen der letzten Jahrzehende mit einiger Aufmerksamkeit gefolgt ist, erinnert sich leicht der abenteuerlichen Vorstellung, welche Shaw, zuerst in den Verhandlungen der Linnéischen Gesellschaft zu London, (1) dann in seiner allgemeinen Zoologie (2) von einem Nagethier gegeben, welches im Jahr 1798 in Canada entdeckt, und durch den General Prescot nach England gebracht worden war, und das mit den Namen *Mus bursarius* und *Canada Rat* von ihm belegt wird. An einem Thier von der Gröfse eines Hamsters ragt aus jedem Mundwinkel ein weit vorgeblasener nackter Sack von der Gröfse des Kopfes heraus, der tief auf dem Boden schleppt und den man sich als äufsere Backentasche vorstellen soll. Die Beschreibung in dem ersten Aufsatz ist ungemein dürftig und sagt nicht viel mehr, als was man an dem überaus fehlerhaften Kupferstich auch sieht; in dem zweiten wird dann dieser berichtigt, aber über die Backentaschen erfährt man auch weiter nichts, als dafs sie mit Erde gefüllt gewesen, als der General das Thier ausgestopft von den Indianern erhielt. Es kommt dem Verfasser wahrscheinlich vor, dafs diese Ausfüllung von den Indianern künstlicherweise bewerkstelligt worden, um die Backentaschen in der gröfsten Ausdehnung zu zeigen. Er drückt übrigens kein weiteres Befremden über die Seltsamkeit dieser Erscheinung aus, sondern meint nur, unter allen mit Backentaschen versehenen Mäusearten sei diese die merkwürdigste

(1) *Transactions of the Linnean Society Vol. V. p.* 227. *tab.* 8.
(2) *General Zoology Vol. II. P. I. pag.* 100.

wegen der verhälnifsmäfsigen Gröfse dieser Taschen. Was er weiter beibringt, betrifft die Farbe, die Gröfse, die Verhältnisse der Gliedmafsen, die Zahl der Zehen und deren Bau, und die Zähne, doch ist alles nur ungefähre Angabe ohne Genauigkeit. Von den Backenzähnen ist gar nicht die Rede, von den Vorderzähnen wird nur gesagt, sie seien stark und das untere Paar länger, als das obere, was ziemlich auf alle Nagethiere zutrifft.

Unter diesen Umständen ist es nicht zu verwundern, dafs man dem merkwürdigen Thier seinen Platz in der Reihe der Nager mit Sicherheit anzuweisen bis jetzt nicht gewagt hat. Illiger nennt es zuerst unter der Gattung *Cricetus*, Cuvier und Oken sind ihm darin gefolgt und geben Bedauern über die mangelnde nähere Kenntnifs, letzter auch allerhand Vermuthungen über die Backentaschen zu erkennen.

Es stellt sich nemlich leicht dar, dafs hier irgend eine Entstellung dieser Theile vorgegangen sein müsse. Ein in Höhlen unter der Erde lebendes Thier, wie dieses, nach dem Bau seiner Vorderfüfse zu urtheilen, ohne Zweifel ist, kann unmöglich mit solchen grofsen weit vorhangenden, noch dazu unbehaarten Säcken sich in seinen Röhren bewegen und einen Wintervorrath in dieselben eintragen, wie Herr Shaw meint. Die Vermuthung liegt sehr nahe, dafs es die aus dem Munde hervorgezognen und völlig umgewendeten innern Taschen von der bekannten Bildung wie beim Hamster seien, die Herr Shaw ohne genauere Untersuchung hier abgebildet, und es schien einer andern Voraussetzung wie z. B. Oken's, dafs es sich hier etwa verhalte wie beim *Paca*, gar nicht zu bedürfen.

Als ich im Sommer des Jahrs 1819 in London war, sah ich das von Shaw beschriebene Exemplar in der Bullockschen Sammlung, und überzeugte mich von der Richtigkeit meiner Vermuthung, soweit es der sehr mangelhafte und entstellte Zustand des Exemplars zuliefs. Die eiförmige Gestalt, die Nacktheit der Säcke schien mir keinen Zweifel zu lassen, dafs die ursprüngliche Bildung hier dieselbe wie beim Hamster sei. Es war unmöglich auf etwas Anderes zu schliefsen, denn dafs es von aufsen eingehende Vertiefungen seien, war weder aus dem ganz verschiedenen Beispiel des Paka noch aus dem Exemplar selbst zu vermuthen. Nichts desto weniger ist es gerade dieser merkwürdige, und bisher in dieser Ausdehnung unerhörte Fall der hier an diesem Thier zu der

ganzen Entstellung Gelegenheit gegeben, wie ich aus genauer Untersuchung eines vor Kurzem unter mehreren nordamericanischen Thieren erhaltenen und hier zu beschreibenden Exemplars darzuthun im Stande bin.

Es hat die Gröfse eines Hamsters und scheint ihm auf den ersten Anblick auch nach dem Verhältnifs seiner Gliedmafsen nicht unähnlich, doch stellen sich bald die kürzeren Ohren, der etwas längere Schwanz, vor allem aber die kräftigen Zehen mit langen im Bogen gekrümmten Krallen als auffallende Abweichungen dar. Sucht man nach einer andern Form von Nagern, die besser damit übereinstimmte, so findet sich nur der capische Sandgräber *(Mus maritimus Lin Gm., Bathyergus maritimus Ill.)* an welchem jedoch die Form des Kopfes runder, die Stellung der Augen und Ohren der Schnauze näher und der Schwanz um das Vierfache kürzer ist. Dies zur Versinnlichung des allgemeinen Eindrucks, den die Gestalt dieses Thieres macht.

Die Dimensionen sind folgende. Ganze Länge von der Schnauze bis zur Schwanzwurzel acht Zoll, Länge des Schwanzes drei Zoll, (1) Raum von der Schnauze bis zum vordern Augenrand ein Zoll, vom hintern Rand desselben bis zum Ohr ein halber Zoll, Höhe der Vorderläufe vom Ellenbogen bis zum Handwurzelknorren eilf Linien, von da bis zur Spitze der mittleren Kralle siebenzehn Linien. Die Hinterläufe messen vom Knie bis Hacken funfzehn Linien und eben so viel kommen auf den Fufs vom Hacken bis zur mittlern Krallenspitze.

Der ganze Leib ist dicht und gleichmäfsig mit weichem feinen Haar bedeckt, das an der Haut tief blaugrau, an seinen Spitzen aber auf der Rückenseite röthlich braun, auf der Bauchseite gelbgrau ist, so dafs diese beiden letztgenannten Farben ohne sonderliche Verschiedenheit ihrer Intensität die erste die ganze Oberseite, die andre die Unterseite vom Kinn

---

(1) Shaw giebt die Länge bis zum Schwanz auf neun, die des Schwanzes selbst auf zwei Zoll an. Dies kann jedoch keinen Zweifel an der Identität der Species erregen, da diese Messungen, wie ausdrücklich gesagt ist, nur aufs Ungefähr gemacht sind und selbst nicht einmal mit den Abbildungen stimmen. Uberdies ist die Länge des Schwanzes kein sicheres Merkmal, wie das Beispiel vieler andern Nager, namentlich des Hamsters, beweist. Kuhl Beiträge *II. p.* 66. giebt die Länge des Leibes zu sieben ein halb, des Schwanzes zu zwei ein drittel an. Er hat das Shawsche Exemplar bei Bullock gemessen.

bis Schwanz bekleidet. Das Haar ist überall von gleicher Feinheit und Weiche ohne beigemischtes Borstenhaar. Nur an beiden Seiten des Oberkiefers stehen mehrere Reihen feiner weifser Borsten, ähnliche einzeln über und neben den Augen. Der Schwanz ist nach seiner ganzen Länge nackt und nur mit einem dünnen Anflug weifser Härchen überzogen; von Schuppen ist selbst durch die Lupe keine Spur an ihm zu entdecken. Von der Lage und Zahl der Säugwarzen kann ich nichts sagen, da ich sie an unserm Exemplar nicht habe auffinden können.

Die Fufsbildung ist von der aller andern Nager auffallend verschieden. Nur der *Bathyergus* hat etwas Ähnliches aufzuweisen, doch in andern Verhältnissen. Die Vorderfüfse sind zunächst unter dem Handwurzelgelenk mit einem auffallend vorspringenden Knorren versehn, wie ihn die kletternden Stachelschweine, die kleineren Ameisenfresser und andre langkrallige Säugethiere auch haben. Der Metacarpus ist kurz und die davon ausgehenden fünf Zehen haben jede nur e i n äufserlich unterscheidbares Glied, indem gleich das zweite schon mit der langen Kralle umkleidet ist. Die Kralle der Mittelzehe ist die längste und hat auf der Krümmung gemessen fast einen ganzen Zoll, die des vierten Fingers ist um einen viertel Zoll kürzer, die des kleinen ist vier einen halben und die des Zeigefingers fünf eine halbe Linie lang; der Daumen in gleicher Ebene mit den übrigen Zehen eingefügt, trägt eine nur zwei Linien lange Kralle. Alle diese Krallen sind im Bogen gekrümmt, scharf, weifs, durchsichtig und jede an der Wurzel, nach dem fünften Theil ihrer Länge, mit einer senkrecht abgeschnittenen Nagelhaut umkleidet, welche an den inneren Zehen noch Büschel von steiferen Haaren trägt, indessen die äufseren Zehen so wie die Mittelhand nur mit einem schwachen Haaranflug überzogen sind.

Die ebenfalls fast nackten Hinterfüfse haben fünf Zehen, von welchen die mittlere die längste ist; auf sie folgt in Länge die zweite, dann die vierte, hierauf der Daumen, und die äufsere Zehe ist die kürzeste, nämlich mit Inbegriff des Nagels nur zwei Linien lang. Die Nägel an den mittleren Zehen sind stark, mäfsig gekrümmt, aber stumpf und kurz, der längste nur zwei Linien. Der Mittelfufs ist gestreckt und schmal und die dicht nebeneinander liegenden Zehen ragen nicht weit aus ihm vor, so dafs auch hier, wie bei den Vorderzehen, nur ein Glied von jeder

sichtbar wird, und die Mittelzehe mifst mit Einschlufs des Nagels nicht mehr als fünf Linien.

Die Augen sind von mäfsiger Gröfse, die Ohren klein und nur mit einem schmalen, nach hinten etwas höheren Rande aus dem Pelz vorragend.

Die nach Verhältnifs sehr grofsen und starken Vorderzähne sind, die unteren ganz, die oberen mit Ausnahme eines schmalen weifsen Randes gegen ihre Spitze hin, von braungelber Farbe; die unteren ganz glatt und glänzend, die oberen etwas runzlich und jeder derselben nach seiner ganzen Länge durch eine schmale tiefe Furche in zwei ungleiche Hälften getheilt. Die Mundöffnung selbst ist eng, und wie bei so vielen andern Nagern, tief hinein mit Haar bewachsen.

Da die Zahl und Bildung der Backenzähne bei den einzelnen Formen der Nagethiere sich so fest bestimmt zeigt und in so steter Übereinstimmung mit den äufseren Gattungsmerkmalen angetroffen wird, so war ich besonders begierig auf deren Beschaffenheit, um hieraus einen näheren Aufschlufs über die Verwandtschaft des räthselhaften Thieres zu einer der bekannteren Formen zu erlangen. Allein auch hierin zeigte es sich mir als von allem Bekannten abweichend. Wiewohl der Schädel an dem vorliegenden Exemplar gröfstentheils zertrümmert war und die hintern Knochen desselben ganz fehlten, so waren doch die Kiefer an der einen Seite noch unversehrt und liefsen eine genaue Untersuchung zu. Der oberen Backenzähne sind fünf, der vordere derselben ist doppelt, gleichsam aus zwei an einander gewachsenen einfachen bestehend, die übrigen sind einfach, alle haben, aus den Alveolen hervorgezogen und für sich betrachtet eine fast cylindrische Form, eine hohle ungetheilte Wurzel und sind etwas gebogen und lang, der vordere fünf Linien auf einen Durchmesser von einer Linie. Die hinteren sind allmählig kürzer, doch eben so dick. Alle ragen kaum eine Linie hoch aus den Alveolen vor und haben platte in der Mitte etwas vertiefte Kronen mit einem einfachen Rand von Schmelz-Substanz, der oval oder kreisrund ist nach der Form des Zahns. Sie sind übrigens von einfachem Gefüge und es ist nichts von Falten oder Vertiefungen zu bemerken. Der unteren Backenzähne sind vier und diese haben die einfache Gestalt der hinteren vier Oberzähne, mit deren mittleren sie auch in Länge übereinstimmen.

Eine ähnliche Bildung der Zähne findet sich bei keiner der bis jetzt bekannten Nagethiergattungen. Sie halten das Mittel zwischen denen der Stachelschweine und denen der Wühlmäuse *(Hypudaeus)*, doch sind sie einfacher als beide und auch der Zahl nach von beiden verschieden. Am nächsten möchte auch in dieser Rücksicht wieder die Verwandtschaft zu *Bathyergus* sein.

Ich komme endlich zu dem merkwürdigsten Organ dieses Thiers, den Backentaschen nemlich. Es verhält sich damit folgendermafsen. Zu beiden Seiten über der Mundöffnung etwa einen halben Zoll von der Nasenspitze und in gleicher Höhe mit derselben fängt eine Hautfalte an, die sich in immer gröfserer Vertiefung nach hinten fortsetzt und den Rand einer weiten Höhle abgiebt, die ganz in derselben Lage und Ausdehnung wie bei den Hamstern sich bis an die Schultern erstreckt und an unserm getrockneten Exemplar eine Tiefe von ein und drei viertel Zoll hat, mithin fast den vierten Theil der ganzen Leibeslänge einnimmt. Die Hautfalte selbst aber erstreckt sich nur bis in die Mitte des Halses und die Öffnung ist kaum einen Zoll lang. Im natürlichen Zustand liegt diese Hautfalte glatt auf dem Unterkiefer an, so dafs man von der Höhle selbst nichts bemerkt. Ich erkannte das Thier nur an den Krallen und fand die Backentaschen erst nach einer eigends darauf angestellten Untersuchung, nachdem die Haut hinreichend erweicht war. Am lebenden Thier wird die Öffnung grofs genug und die Höhle geräumig genug sein, um den Daumen einer Mannshand hineinbringen zu können, und in dieser möglichst geöffneten Lage stellt die Abbildung des Kopfes von der Unterseite die Backentaschen dar.

Die innere Wand desselben ist nicht ganz nackt, sondern auf ähnliche Weise wie der Schwanz und die Füfse mit zartem weifsen Haar bedeckt. Man könnte daraus schliefsen wollen, dafs sich diese Säcke möchten herauskehren lassen um die Gestalt anzunehmen, die sie in der Abbildung von Shaw haben, wie denn auch Oken an so etwas zu denken scheint, indem er sie den Schallblasen der Frösche vergleicht, allein abgesehn davon, dafs sich nicht gut begreifen läfst, durch welchen Mechanismus sie wieder eingezogen werden sollten, so ist jenes deshalb nicht möglich, weil die innere Duplicatur des Sacks mit der äufseren durch festes Zellgewebe so innig verbunden ist, dafs sie sich selbst völ-

lig erweicht nicht anders als mit dem Messer von einander trennen liefsen, und es daher gewifs nur an einem frisch abgestreiften Thier möglich sein wird, die Backentaschen so herauszukehren, wie sie auf jener Abbildung erscheinen. Überdies kommt an der inneren Seite des abgestreiften Fells nichts von dem Sack zum Vorschein, indem ein starker Hautmuskel sie hier ganz überzieht. Ob in der inneren Mundhöhle noch Backentaschen vorhanden gewesen, liefs sich an unserm Exemplar nicht mehr beurtheilen.

Es ist also wohl klar genug, dafs die Wilden welche dem General Prescot jenes berühmt gewordene Exemplar verkauften, es vorher künstlich und vielleicht mühsam genug so zugerichtet hatten, was auch durch die Anfüllung der Säcke mit Erde noch wahrscheinlicher wird, und dafs man also an äufsere Backentaschen in jener Form weiter nicht zu glauben hat.

Es fragt sich dagegen wie sich diese Bildung zu den andern ähnlicher Art verhalte. Ich habe schon oben des Paca's erwähnt, als des einzigen bis jetzt bekannten Beispiels von äufserlich eingehender Vertiefung an den Seiten des Kopfes. Allein der Fall ist sehr weit von dem unsrigen verschieden. Am Paca nemlich reicht die Spalte nur vom Mundwinkel bis unter das Auge und wird nicht von der Haut, sondern von dem sonderbar flachen und breiten unteren Rand des Jochbogens gebildet. Man kann schwerlich glauben, dafs diese Höhle zum Einsammeln von Nahrungsstoffen dienen könne, denn sie ist eng, nach unten geöffnet und nicht verschliefsbar. Überdies hat das Paca grofse innere Backentaschen, in denen es einsammelt und die, wenn sie gefüllt sind, den ganzen Raum unter dem Jochbogen einnehmen müssen.

Eher kann man dagegen bei unserm Thier vermuthen, dafs diese äufseren Säcke zum Eintragen von Nahrungsstoffen dienen, denn sie sind dazu geräumig und tief genug und können durch den dehnbaren Hautrand verschlossen werden. Freilich ist es immer noch schwer zu begreifen, wie sie gefüllt werden, da wir aber schon vom Hamster wissen, dafs er zum Füllen und Leeren seiner inneren Säcke sich der Pfötchen bedient, so darf hier wohl etwas Ähnliches vermuthet und dabei die seltsame Gestalt der Zehen, und ihre Lage nicht als bedeutungslos übersehen werden. Wenn sich nemlich der Kopf den Füfsen nähert, passen

die gewölbten Krallen nach Gestalt und Länge ganz in die Öffnung des Sackes. Sie scheinen vermöge der langen gespreizten Krallen ganz geeignet, ein oder mehrere Saamenkörner aufzufassen und in den Sack hinaufzubringen, wobei Schnauze und Zähne noch als mitwirkend gedacht werden müssen. Das Ausleeren bei der Rückkehr im Bau geschieht dann gewifs viel leichter als beim Hamster, so dafs die Vorrathskammern schnell genug gefüllt werden mögen. Übrigens sind freilich erst noch Beobachtungen der Lebensart dieses Thieres und Nachrichten über die Natur des Bodens, den es bewohnt, so wie über seinen Nahrungsstoff abzuwarten, ehe sich diese Vermuthung zur Gewifsheit erheben läfst.

Es ist im Obigen nachgewiesen, wie das hier beschriebene Thier nicht füglich zu einer der bekannten Gattungen gezählt werden könne, und wer auch sonst den zu häufigen Sonderungen abhold ist, wird in diesem Falle es nicht misbilligen können, dafs eine eigne Gattung dafür gebildet werde, die im System unmittelbar neben *Bathyergus* zu stellen ist. Ich bringe für diese Gattung den Namen *Ascomys* in Vorschlag und bestimme ihre Merkmale folgendermafsen.

ASCOMYS.

Dentes *primores exserti utrinque 2, scalpro cestriformi, inferiores pagina antica laevigati, superiores sulco longitudinali exarati. Molares abrupti obducti, tritores, subcylindrici, coelorrhizi, coronide plana medio depressa, supra quini antico didymo, infra quaterni.*

Rostrum *compressum. Rhinarium cartilagineum prominulum.*

Oculi *mediocres.*

Auriculae *brevissimae rotundatae.*

Sacculi *buccales externi profundi, deorsum patentes.*

Cauda *mediocris nudiuscula nec squamata. Mammae —?*

Pedes *distincti, antici fossorii pentadactyli unguibus falcularibus validis elongatis; postici fere saltatorii, pentadactyli unguibus brevibus validis.*

A. canadensis *n.*

Ascomys.

Mus bursarius Shaw. *ll. cc.*

Über

die ägyptische Stachelmaus.

Nachträgliche Bemerkungen zu der Abhandlung über die Stachelratten.

Von

Hrn. LICHTENSTEIN.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 28. März 1822.]

In dem naturhistorischen Theil des Prachtwerks: *Description de l'Egypte* ist (Tab. 5. Fig. 4.) eine Art von Mäusen mit Stacheln unter dem Namen *Echimus d'Egypte* (1) abgebildet, von welcher ich in meiner Abhandlung über die Stachelratten (2) vermuthete, sie werde dieser Gattung mit angehören. Die Frage liefs sich nicht zur Entscheidung bringen, da der zu dieser Abbildung gehörige Text noch nicht geliefert ist, mithin über die eigentlichen Gattungsmerkmale nicht geurtheilt werden konnte.

Die Thätigkeit meiner auf Veranstaltung der Akademie gegenwärtig in Ägypten reisenden Freunde, der Doctoren Ehrenberg und Hemprich, hat mich in den Stand gesetzt, diesen fraglichen Punkt jetzt aufzuklären und jene berühmte Abbildung mit einer Erklärung zu versehn. Sie haben mehrere Exemplare des merkwürdigen Thiers von unterschiedenem Alter aus Cahira übersandt, aus deren Untersuchung sich folgendes ergiebt.

Die cahirische Stachelmaus ist eine wahre Maus im engsten Sinne des Worts, und darf keinesweges der Gattung *Loncheres* zugesellt werden. Sie hat nemlich nicht nur alle äussere generische Kennzeichen mit der Hausmaus gemein, sondern auch die Zahl der Backenzähne und die

---

(1) *Mus cahirinus* Geoffr., *La souris du Caire* Cuvier *Regn. anim. I. p.* 198.

(2) Abhandlungen der Akademie von 1818 und 1819. S. 196.

Bildung derselben, bis in die feinsten Verhältnisse ihrer relativen Gröfse und Gestaltung.

Sie weicht also darin von den übrigen mit Stacheln versehenen Nagethieren ab, welche sämmtlich, mit Ausnahme des stachligen Eichhorns, vier schmelzfaltige Zähne, an jeder Seite im Ober- und Unterkiefer haben und eine für sich bestehende Gattung bilden.

Von allen andern wahren Mäusen ist aber nun diese eben durch die Stacheln hinreichend unterschieden. Um den specifischen Charakter zu vollenden, kann man hinzusetzen, dafs sie vier und einen halben Zoll lang sei, einen eben so langen Schwanz, auffallend (beinahe zwei Zoll) lange Bartborsten und breite zugerundete Ohren habe. In den Verhältnissen der Längenmaafsen stimmt sie mit der Hausmaus überein, in der Dicke des Leibes und der Kopfform hat sie mehr von der Ratte. An Gröfse der Ohren übertrifft sie beide, an Länge und Zahl der Bartborsten alle andere Arten. Die Füfse sind etwas stärker als bei der Hausmaus, doch ganz wie bei dieser gebildet, und auch hier mit einem Daumen ohne Nagel. Auch die Farbe gleicht sehr der der Hausmaus, nur ist sie, zumal bei den jüngeren Individuen, reiner, vom Scheitel bis Mittelrücken einfach grau und an den übrigen Theilen ins bräunliche übergehend. An den alten Exemplaren ist sie am Kopf und um Nacken und Schulter verschossen graubraun und das Borstenhaar zeigt sich hin und wieder hellgrau, auf dem mit Stacheln versehenen Hinterrücken aber, dessen Grundfarbe dunkelbraun ist, sind der grauen ja fast weifsen Borsten viel mehr und sie stehn, wie bei andern alternden Thieren regelmäfsig zwischen den dunkleren zerstreut. An den jungen Exemplaren bemerke ich viel Verschiedenheit der Färbung. Einige sind auf dem Rücken nach dessen ganzer Länge hellgrau, andre haben den Hinterrücken hellbraun, noch andre fast rostfarbig. Einzelne Exemplare, sowohl junge als alte, zeigen einen auffallenden weifsen Fleck hinter den Ohren, der sich auch schmaler nach vorn hinzieht und zuweilen das ganze Ohr an der Wurzel umgiebt. Individuen mit und ohne diesen Fleck finden sich an einem und demselben Ort, auch zeigt er sich an den Männchen sowohl als an den Weibchen. Der Unterleib ist an allen Exemplaren rein weifs.

Nur von der Mitte des Rückens an verwandelt sich das Borstenhaar allmählich in Stacheln, je weiter nach der Schwanzwurzel hin,

desto dichter gedrängt und desto länger und spitzer zeigen sie sich. Um die Schwanzwurzel her stehn endlich die längsten, welche vier Linien messen. Auch die Seiten der Schenkel tragen dergleichen, doch sind sie mehr zwischen dem Haar zerstreut und versteckt. Die Form dieser Stacheln ist ganz dieselbe, wie bei den *Loncheres* Arten; es sind platte breite Borsten mit einem nach der Oberseite sich aufschlagenden stärkeren Rande, so dafs sie unten glatt, oben der ganzen Länge nach gefurcht erscheinen. Der Schwanz ist nackt, mit Schuppenringen, von hundert und zwanzig bis hundert und dreifsig an der Zahl, umgeben, zwischen ihnen brechen kurze Borsten hervor, die auf der Oberseite des Schwanzes sich früh abzureiben scheinen, aber auf der Unterseite sich länger erhalten. So wie der Schwanz schon an Dicke den der Hausmaus übertrifft, so zeigen sich auch die Ringe viel breiter und derber, an der Wurzel sind sie wahre Knochenringe, vergleichbar denen der Gürtelthiere. Eben so derb sind die dazwischen stehenden Borsten, die man wohl Stacheln nennen kann, nur sind sie nicht platt sondern rund, und ohne jene Furche auf ihrer Oberseite, was aber freilich nur mit bewaffnetem Auge zu bemerken möglich ist.

Die Lebensart dieser Maus bietet wenig auffallendes dar. Um Cahira und im Fayum trafen unsre Reisende sie häufig im Freien an. Weiter Nilaufwärts, besonders bei Syene, war sie viel in den Häusern und Hütten. Aus Nubien sind uns keine Exemplare mitgesandt; vielleicht kommt sie also dort nicht mehr vor, Einen andern Namen, als den allgemeinen Namen der Mäuse *Firan,* wufsten die Eingebornen für dieses Thier nicht beizubringen.

Die angeführte Abbildung in dem berühmten Prachtwerk über Ägypten versinnlicht die Gestalt des Thieres sehr gut und scheint mir, soweit es die gewählte malerische Stellung zu beurtheilen erlaubt, in allen Verhältnissen treu. Nur die Form der Stacheln, die Fufsbildung, die Länge der Barthaare und die Färbung werden daraus nicht deutlich.

C u v i e r, welcher an der oben citirten Stelle dieses Thiers mit wenigen Worten gedenkt, fügt hinzu, Aristoteles habe dessen schon erwähnt. Dies ist allerdings gegründet. Im letzten Capitel des sechsten Buchs der Thiergeschichte sagt nemlich Aristoteles: ,,Die Mäuse in ,,Ägypten haben ein hartes Haar, fast wie die Erd-Igel" — und in dem

Buche von wunderbaren Sagen: „In Syene sagt man, giebt es nicht „eine, sondern mehrere Arten von Mäusen, die sowohl in Gestalt als „Farbe verschieden sind, einige mit plattem Kopf wie die Wiesel, andre „mit Stacheln, die sie Igel nennen." Beide Stellen hat auch Plinius, fast mit denselben Worten. Da nun in der ersten derselben die Stachelmaus geradezu dem Igel entgegengesetzt wird, in der andern aber zwei der Form nach verwandte Thiere zusammengefafst werden, so läfst sich keine derselben auf den Igel selbst deuten, sondern es mufs dieses einzige aufser ihm noch Stachel tragende Säugethier in Ägypten, das überdies dort sehr häufig anzutreffen ist, gemeint sein. Wie vielfaches Mifsverständnifs übrigens diese Stellen erfahren haben, ist hier der Ort nicht, auseinander zu setzen.

Über das Verhältnifs der Krystallform zu den chemischen Proportionen.

Von

Hrn. MITSCHERLICH.

Dritte Abhandlung:
über die künstliche Darstellung der Mineralien aus ihren Bestandtheilen.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 20. Februar 1823.]

Ob das Urgebirge unserer Erde, deren Form einen flüssigen Zustand voraussetzt, in Wasser aufgelöst war, oder ob die Temperatur der Erde einst so hoch gewesen sei, dafs die Bestandtheile des Urgebirgs flüssig waren? Diese Frage hat man verschiedentlich beantwortet, und die Antwort durch Gründe unterstützt, wie die geologischen Beobachtungen und der Zustand der Untersuchungen der chemischen Verbindungen, welche unsere Urgebirge zusammensetzen, diese Gründe herbeiführten. Neue Beobachtungen und die Entdeckung neuer Gesetze für diese Verbindungen müssen zugleich ein neues Feld zu Speculationen, zu Beobachtungen und Versuchen in der Geologie eröffnen. Von allen Entdeckungen unserer Zeit hat keine einen solchen Einflufs auf den Zustand der Mineralogie ausgeübt, als die Lehre von den bestimmten Verhältnissen, und insbesondere hat das Resultat von Berzelius Untersuchungen, dafs nämlich die chemischen Verbindungen, welche sich in der Natur finden, nach denselben Gesetzen zusammengesetzt sind, die er bei den künstlichen chemischen Verbindungen entdeckt hatte, den Standpunkt dieser Wissenschaft ganz verändert, und ein neues System der Mineralogie nothwendig gemacht, wodurch die Mineralien ganz in die Reihe unserer übrigen chemischen Verbindungen treten. Und dafs dies gegründet sei, zeigen

auch die Gesetze der Krystallographie, die bei den künstlichen und natürlichen chemischen Verbindungen vollkommen dieselben sind.

Man hat jeder chemischen Speculation, durch welche man versuchte, die Gesetze, welche die künstlichen chemischen Verbindungen bedingen, auch wieder in den Mineralien aufzufinden, den Vorwurf gemacht, dafs die Chemie wohl die Mineralien in ihre Bestandtheile zerlegen könne; dafs aber, bei der Bildung der natürlichen Verbindung, Kräfte der Natur thätig waren, die die Kunst nie wieder schaffen könne. Allein dieser Vorwurf ist unrichtig, denn die Kraft der chemischen Verwandtschaft, die bei unsern künstlichen Processen thätig ist, ist eben sowohl eine Kraft der Natur, als die Verwandtschaften, die die Zusammensetzung der natürlichen chemischen Verbindungen bedingen, und man hat bei diesem Vorwurf modificirende Umstände mit Gesetzen verwechselt. Am leichtesten wird der Chemiker diesem Vorwurf entgehn, wenn er versucht, die Mineralien aus den Elementen, welche die Analyse gegeben hat, wieder zusammenzusetzen, und wenn er zeigen kann, dafs diese künstlichen Verbindungen in allen ihren Eigenschaften vollkommen den natürlichen gleichen. Solche Versuche werden auch für die Geologie neue Resultate geben, wenn wir viele der Erscheinungen, welche bei der Bildung der Erde statt gefunden haben, noch einmal wiederholen und viele Beobachtungen anstellen können, die zu neuen Resultaten für die Geologie und zu neuen Speculationen führen, und ihre Bestätigung durch geologische Beobachtungen erhalten können; man kann auf diese Weise versuchen, die Beobachtungen, die man im Grofsen gemacht hat, im Kleinen zu wiederholen und zu bestätigen, und umgekehrt, die Beobachtungen, die man im Laboratorium gemacht hat, wird man in der Natur wieder aufsuchen können; und alle solche Beobachtungen sind von grofsem Werthe, weil man, je nachdem man eine Ansicht verfolgt, die Versuche willkührlich einrichten und modificiren kann.

Die Wichtigkeit solcher Versuche mag mich entschuldigen, wenn ich heute der Königlichen Akademie einige Resultate vorzulegen wage, die zwar hinreichend beweisen, dafs man die Mineralien durch Kunst darstellen könne, aber noch weit davon entfernt sind, den Erwartungen zu entsprechen, die man von solchen Versuchen hegen darf, wenn sie einmal gelungen sind.

Berzelius hat in seinem chemischen System der Mineralogie gezeigt, dafs der gröfste Theil der chemischen Verbindungen, welche unsere Erde und insbesondre das Urgebirg zusammensetzen, unsern Salzen und Doppelsalzen analog sind; dafs in diesen Verbindungen die Kieselerde, die Kohlensäure und das Eisenoxyd sich als Säuren verhalten; die Kieselerde verbindet sich mit der Alaunerde, dem Eisenoxyd, der Talkerde, dem Manganoxydul, Eisenoxydul, dem Kali und Natrum, indem sie mit diesen Basen Salze und Doppelsalze in bestimmten Proportionen auf verschiedenen Stufen der Sättigung bildet; die Kohlensäure ist mit der Kalkerde und Talkerde verbunden, und das Eisenoxyd mit dem Eisenoxydul.

Bei den Versuchen, die ich erwähnt habe, mufs es daher unser Zweck sein, das Verhalten der drei Säuren, insbesondere der Kieselerde, gegen diese Basen zu untersuchen. Glücklicherweise sind wir bei dieser Untersuchung noch durch einen andern Umstand begünstigt; es beruht nämlich eine vollständige und gute Ausscheidung eines grofsen Theils der Metalle auf dem Verhältnisse der Kieselerde zu den Basen, die ich genannt habe, auf den Graden der Sättigung, auf denen sich die Kieselerde mit diesen Basen verbinden kann, und auf der Intensität der Verwandtschaft, womit diese Basen sich mit der Kieselerde vereinigen, und im Allgemeinen auf den chemischen Eigenschaften der verschiedenen Verbindungen. Der Hüttenmann mufs, um seinen Zweck vollständig zu erreichen, je nachdem seine Erze verschieden sind, verschiedene chemische Verbindungen der Bestandtheile, die seine Erze zusammensetzen, hervorzubringen suchen, und zwar müssen diese Verbindungen nach bestimmten Verhältnissen zusammengesetzt sein, welche er entweder durch die Auswahl der Erze, oder dadurch bewirkt, dafs er eine fremde Substanz zusetzt; die Schlacke, welche der Hüttenmann auf diese Weise erhält, sind gewöhnlich Mineralien, die man schon in der Natur gefunden hat, theils auch neue Species. Auf einer Reise in Schweden bemerkte ich zuerst in Fahlun, wo ich die Erze, die man verschmilzt, die Schlacke, und die Operation des Ausschmelzens selbst untersuchte, um mir eine Ansicht des chemischen Processes beim Ausschmelzen des Kupfers zu erwerben, nicht allein einzelne ausgebildete Krystalle in den Schlacken, sondern ich fand auch dafs die ganze Masse der Schlacke ein

krystallinisches Gefüge habe, und dafs sowohl die Krystalle, als auch die Blätterdurchgänge der derben Schlacken, wenn sie bei einer und derselben Art des Processes hervorgebracht waren, wenn auch zu sehr verschiedenen Zeiten, sich fortdauernd gleich geblieben waren und gleich blieben. Die Untersuchung der krystallinischen Figur dieser Schlacken zeigte bald, dafs die Krystallisation derselben zugleich die Krystallisation desjenigen Minerals ist, welches eine der Schlacke analoge Zusammensetzung hat. Ich habe bei den andern Hüttenprocessen, die ich in Schweden gesehen habe, fast bei jedem verschiedene krystallisirte Verbindungen, die den natürlichen entsprechen, gefunden; so habe ich in Fahlun das Silicat und Bisilicat des Eisenoxyduls, in Garpenberg Glimmer, und Pyroxene an verschiedenen Orten gefunden, und zwar diese Körper ganz in derselben Krystallfigur und mit denselben physicalischen Eigenschaften, wie die ihnen entsprechenden Mineralien. Seit meiner Zurückkunft von Schweden habe ich diesen Gegenstand weiter verfolgt; ich habe verschiedene Producte, die ich erhalten habe, analysirt, und die Analyse hat das, was das Äufsere zeigte, bestätigt; ich habe eine Reise zu verschiedenen Hütten in Deutschland gemacht und bin von meinen Freunden sehr bei dieser Untersuchung unterstützt worden, so dafs ich schon jetzt über vierzig krystallographisch verschiedene Substanzen (1), die durch Schmelzung hervorgebracht sind, besitze, wovon ein grofser Theil bekannte Mineralien sind; ein Theil davon neue Arten, die man noch nicht in der Natur gefunden hat.

Ich übergehe die Beschreibung und Aufzählung dieser einzelnen Arten, und ziehe es vor, der Königlichen Akademie die Exemplare selbst vorzulegen.

---

(1) z. B. das Subsilicat, und das Silicat des Eisenoxyduls, das Silicat des Eisenoxyduls und des Kalks, das der Talkerde und des Kalks, (die primitive Form und die sekundären Flächen der Krystalle dieser Silicate sind die des Peridots), das Bisilicat des Eisenoxyduls, das des Kalks und Eisenoxyduls, die Bisilicate der Kalkerde und Talkerde; in welchen (ich besitze davon viele Exemplare von verschiedenen Hohöfen) die relative Menge der Kalkerde und Talkerde sehr verschieden ist; die primitive Figur und die secundären Flächen der Krystalle dieser Bisilicate sind die des Pyroxens; ferner: das Trisilicat der Kalkerde, und das des Kalks und der Talkerde; ferner: Glimmer, Kupferoxydul, Kupferoxyd, Zinkoxyd, oxydirtes Eisen *(ferroso-ferricum)*, Schwefeleisen, Schwefelzink, Schwefelblei, Arseniknickel (Kupfernickel), und viele andere Substanzen in sehr gut ausgebildeten Krystallen.

Um jedoch das Verhältnifs dieser Versuche und Untersuchungen zur Mineralogie, Geologie und Hüttenkunde zu zeigen, wähle ich zwei Körper aus, das Eisenoxydulsilicat und den Glimmer von Garpenberg, um an die Beschreibung der Eigenschaften, der Zusammensetzung und der Bildung dieser Körper eine ausführliche Auseinandersetzung dieses Verhältnisses knüpfen zu können.

Das Eisenoxydul-Silicat.

Diese Verbindung, die beim Ausschmelzen des Kupfers und Frischen des Eisens von vieler Wichtigkeit ist, findet man sehr häufig in schönen und ausgebildeten Krystallen; und ich selbst besitze viele Exemplare und zwar von verschiedenen Orten. Ich habe einige Krystalle, die ich bis zur Gröfse eines Viertel Zolls besitze, zur Analyse ausgesucht; fein zerrieben und geschlämmt, werden sie leicht durch Salzsäure zersetzt; die Kieselerde bleibt unaufgelöst zurück, und die Auflösung enthält Eisenoxydul, denn sie giebt mit Ammoniak einen schwach grünen Niederschlag; die Krystalle vom Kupferschmelzen enthalten etwas mechanisch beigemengtes Schwefeleisen und Schwefelkupfer. Ich habe Krystalle von verschiedenen Orten analysirt nach der Methode, die Berzelius anwendet.

Die Krystalle vom Kupferprocefs enthalten nach meiner Analyse, wenn ich das mechanisch eingeschlossene Schwefelkupfer und Schwefeleisen (1), und einen kleinen Verlust abrechne, in hundert Theilen

69, 07 Eisenoxydul.
30, 93 Kieselerde.

---

(1) Wenn man eine Auflösung von Kupferoxyd und Eisenoxyd mit Ammoniak im Überschufs fällt, so fällt mit dem Eisenoxyd immer etwas Kupfer nieder, das sich durch Ammoniak nicht aus dem Eisenoxyde herausziehen läfst. Um es zu bestimmen, mufs man das vom übrigen aufgelösten Kupfer getrennte und geglühte Eisenoxyd in Salzsäure auflösen, und durch die Auflösung eine Zeitlang Schwefelwasserstoff streichen lassen; das Eisenoxyd ändert sich in Eisenoxydul um, und mit dem dadurch ausgeschiedenen Schwefel fallt zugleich Schwefelkupfer nieder, das man dann leicht bestimmen kann; es betrug bei dieser Schlacke kaum $\frac{1}{2}$ p. C.

Krystalle dagegen, welche sich beim Frischen des Eisens gebildet hatten, enthielten, in hundert Theilen

67, 24 Eisenoxydul
31, 16 Kieselerde
0, 65 Talkerde

99, 05.

Ich habe noch verschiedene andere Krystalle, welche sich theils beim Kupferschmelzen, theils beim Frischen gebildet hatten, analysirt, die mir ganz dasselbe Resultat gegeben haben; einige Krystalle jedoch, die sich im Hohofen gebildet hatten, enthielten zwölf Procent Kalkerde; das Verhältnifs der Kieselerde dagegen, und des Eisenoxyduls war so, dafs der Sauerstoff der Kalkerde und des Eisenoxyduls zusammen gerechnet, eben so viel als der der Kieselerde betrug.

Aus diesen Analysen folgt, dafs die Substanzen, welche die krystallinische Figur dieser Verbindung zeigen, Silicate von Eisenoxydul sind, wenn man nämlich nach der Natur des Processes keine andere, dem Eisenoxydul isomorphe Basis erwarten kann; ferner folgt daraus, dafs in dieser Verbindung der Sauerstoff in der Kieselerde, dem Sauerstoff im Eisenoxydul gleich ist. Wenn man nach diesem Verhältnifs die Zusammensetzung dieser Substanz berechnet, so enthält sie in hundert Theilen

31, 16 Kieselerde
68, 84 Eisenoxydul.

Die Schlacke, die sich beim Ausschmelzen des berühmten Österby-Eisen bildet, hat dieselbe Krystallfigur, wie die Krystalle, die ich so eben beschrieben habe; sie besteht hauptsächlich nur aus dem Silicat der Talkerde, das mit einem Antheil vom Silicat und Bisilicat der Kalkerde gemischt ist. Ich hoffe in einer andern Abtheilung dieser Abhandlung, in der ich mich mit dem Ausschmelzen des Eisens beschäftigen werde, mehr über diese Schlacke anführen zu können.

Der Fläche *P* (Fig. 1.) parallel zeigen diese Krystalle einen sehr deutlichen Blätterdurchgang; weniger deutlich ist er nach *T*, und nur mit Mühe erhält man ihn parallel mit *M*; diese drei Blätterdurchgänge sind rechtwinklig auf einander. Die Symmetrie der Flächen, ihr Verhältnifs gegen einander und die Blätterdurchgänge, zeigen dafs die primitive

Figur dieser Krystalle ein gerades Prisma mit rectangulärer Basis ist. Den Parallelismus der Flächen sieht man am besten aus der Zeichnung, die ich hinzugefügt habe. Die Fläche *n* macht mit *n* einen Winkel von 130° 28′, als Mittel mehrerer Messungen, und die Tangente der Hälfte des Winkels, den *n* mit *n* macht, verhält sich zur Tangente der Hälfte des Winkels, den *s* mit *s′* macht, wie 2 : 1. Die Fläche *k* neigt sich gegen *k* unter 81° 24′.

Wir haben unter den Mineralien nur eine Verbindung der isomorphen Basen, welche auf ein Atom Metall zwei Atome Sauerstoff enthalten, mit der Kieselerde, die so zusammengesetzt ist, daſs der Sauerstoff der Kieselerde eben so viel beträgt als der Sauerstoff der Basis; diese Verbindung ist der Chrysolith, ein Silicat der Talkerde, welches mit einer kleinen Menge eines Silicats von Eisenoxydul zusammen krystallisirt hat.

Vergleichen wir die Blätterdurchgänge des Chrysoliths mit den Blätterdurchgängen des Eisenoxydul-Silicats, so sind sie vollkommen dieselben, sowohl in der Richtung als in der Deutlichkeit. Auch die Winkel, die die Flächen bilden, nähern sich einander bei beiden Substanzen so sehr, daſs die verschiedenen Krystalle des Eisenoxydul-Silicats eine eben so groſse Abweichung unter einander zeigen, als von den Krystallen des Chrysoliths.

Die Winkel, die zur Berechnung nothwendig sind, habe ich durch Versuche mit dem Reflexionsgoniometer bei beiden Substanzen bestimmt; ich will sie hier mit den daraus berechneten Winkeln anführen; doch muſs ich bemerken, daſs ich weder beim Chrysolith noch beim Eisenoxydul Krystalle von der Schönheit habe erhalten, die eine Genauigkeit, wie der Quarz oder der Kalkspath, zulieſsen; die Bestimmung der Winkel kann daher bis auf 10′ vielleicht sogar 15′ von der Wahrheit abweichen.

	Chrysolith.	Eisenoxydul-Silicat.
n : *n*	130° 26′	130° 28′
n : *T*	114° 47′	114° 46′
k : *k*	81° 17′	81° 24′
k : *P*	130° 38½′	130° 42′
P : *T*	90°	90°
s : *s*	94° 34′	94° 36′
s : *T*	132° 43′	132° 42′

Aus dieser Vergleichung folgt, dafs die Krystallfigur, welche ich so eben beschrieben habe, den Silicaten der Basen zugehöre, in denen ein Atom Metall mit zwei Atomen Sauerstoff verbunden ist; wohin die Kalkerde, Talkerde, das Eisenoxydul u. a. m. gehören.

Theorie der Ausschmelzung des Kupfers.

Ich besitze drei Verbindungen der Kieselerde mit dem Eisenoxydul, das Subsilicat, das Silicat und das Bisilicat, und wahrscheinlich giebt es auch ein Trisilicat, da es ein Trisilicat der Talkerde und ein Trisilicat der Kalkerde und des Manganoxyduls giebt. Die drei Verbindungen der Kieselerde mit dem Eisenoxydul zeigen ein verschiedenes Verhalten, wenn sie bei einer erhöhten Temperatur mit Kohlen niedergeschmolzen werden; das Subsilicat giebt bei einer Hitze, bei der das Roheisen schmilzt, in Berührung mit Kohle, die Hälfte seines Eisenoxyduls ab, das in metallischen Zustand übergeht, bildet dann das Silicat, welches einer viel höheren Temperatur ausgesetzt werden mufs, damit ein Theil des Eisenoxyduls, welches es enthält, reducirt werde. Durch die Bildung des Silicats, und Bisilicats, und indem er die Bildung des Subsilicats sorgfältig vermeidet, gewinnt der Schmelzer das Kupfer frei von den Substanzen, womit es verbunden und gemengt war.

Ich will hier einiges von dem Processe erwähnen, dessen man sich in Fahlun bedient, denen übrigens alle andere Processe gleichen, wodurch man das Kupfer aus Erzen gewinnt, die Schwefelkies, Kupferkies und Quarz, oder blofs Schwefelkies und Kupferkies enthalten, weil man zu solchen Erzen beim Verschmelzen Quarz, oder irgend einen andern kieselerdehaltigen Körper hinzusetzt, um die Verbindungen, die ich gleich anführen werde, zu erhalten.

Der Procefs in Fahlun hat zwei Schmelzungen; die erste Schmelzung dient dazu, das in den Erzen enthaltene Kupfer zu concentriren, indem man den gröfsten Theil des Schwefelkies und alle Bergart wegschaft. Bei dieser Schmelzung erhält man Schwefeleisen im Minimum mit dem gröfsten Theil des Schwefelkupfers, welches in den Erzen verbunden; diese Verbindung ist sehr leichtflüssig und unter dem Namen Kupferstein bekannt; aufser dieser Verbindung erhält man eine Schlacke, die beim Erkalten ein krystallinisches Gefüge annimmt, und ein Bisilicat des

Eisenoxyduls ist. Diese beiden Produkte erhält der Schmelzer auf folgende Weise. Die Hütte, die ich besuchte, verschmelzt hauptsächlich zwei Sorten Erze; die eine Sorte bestand aus Schwefelkies und Kupferkies, die andere aus Schwefelkies, Kupferkies mit sehr vielem Quarz gemengt. Beide Sorten wurden geröstet, der gröfste Theil des Schwefelkieses wird dabei in Magneteisenstein, ein Theil in schwefelsaures Eisen, und es wird auch wohl das Schwefelkupfer theilweise in schwefelsaures Kupfer sich umändern; ein Theil Schwefelkies bleibt unzersetzt. Der Schmelzer kennt nun aus Erfahrung, wie viel er von jener quarzhaltigen Sorte, und wie viel von dem gerösteten Schwefelkies er zuzusetzen habe, um das Bisilicat zu bilden, ($\frac{1}{4}$ quarzhaltiges Erz auf $\frac{3}{4}$ gerösteten Schwefelkies).

Wenn der Schmelzer nun seine Operation begonnen hat, so beobachtet er die Schlacke, und beurtheilt aus dem Verhalten derselben, ob er mehr vom gerösteten Schwefelkies, also mehr Basis, oder ob er mehr von den quarzreichen Erzen zusetzen soll; indem so der Schmelzer durch sein geübtes Auge die Schmelzung leitet, erhält er in der Schlacke immer ein solches Verhältnifs des Eisenoxyduls zur Kieselerde, dafs ein Bisilicat daraus entsteht; diese Schlacke ist durch ihre ganze Masse hindurch blättricht, und zwar mit Blätterdurchgängen nach den Seitenflächen einer geschobenen Säule von ungefähr 88° und nach den Abstumpfungen der scharfen und stumpfen Seitenkante. Sollte etwa das Erz zu stark geröstet sein, so dafs nicht genug Schwefeleisen vorhanden wäre, um das Schwefelkupfer in sich aufzunehmen, dann wendet der Schmelzer auch ungerösteten Schwefelkies an, den er zusetzt. Der Stein, den man auf diese Weise erhält, besteht aus Schwefeleisen und Schwefelkupfer in geringer Menge mit einigen andern Schwefelmetallen verbunden, die sich in den Erzen finden. Diese Schwefelverbindungen werden nun sechsmal geröstet, und ich habe in einem solchen gerösteten Rohstein nur noch eine unbedeutende Spur Schwefel entdecken können; er wird vom Magnet angezogen, sieht geschmolzen aus wie der geschmolzene Magneteisenstein; die ganze Masse hat ein krystallinisches Ansehn, hin und wieder bemerkt man kleine Octaëder; er löst sich geschlämmt in Salzsäure auf und besteht aus einer Verbindung von Eisenoxydul, Eisenoxyd und Kupferoxyd.

Bei der Aussonderung des Kupfers aus dieser Verbindung tritt wiederum ein Procefs ein, in dem die Kieselerde als Säure benutzt wird, um das oxydirte Eisen damit zu verbinden; bei diesem Procefs erhält man in Fahlun das Silicat des Eisenoxyduls, das ich so eben beschrieben habe, als Schlacke und Schwarzkupfer (Rohkupfer), und zwar auf die Weise, dafs der Schmelzer entweder Quarz zusetzt, oder dafs er von den gerösteten quarzreichen Erzen wählt; auch kann er die Schlacke vom Steinschmelzen dazu benutzen, die noch einmal so viel Eisenoxydul aufnehmen kann als sie enthält; bei dieser Operation wird, indem der geröstete Rohstein mit Kohlen und einem von diesen Zuschlagsmitteln niedergeschmolzen wird, das Eisenoxyd durch die Kohle zu Eisenoxydul reducirt; alles Eisenoxydul verbindet sich mit der Kieselerde, und das Kupferoxyd wird reducirt. Auch bei der Bildung dieser Schlacke leitet den Schmelzer sein geübtes Auge; das Ansehn der Schlacke zeigt ihm an, ob die Säure, der Quarz, oder die Basis, das Eisenoxydul des gerösteten Rohsteins, fehlen; und er erhält auf diese Weise fortdauernd ein bestimmtes Verhältnifs zwischen der Kieselerde und dem Eisenoxydul.

Was das Garmachen des Kupfers anbetrifft, so habe ich dies auf dem Harz besser beobachten können als in Avestad; der Hauptzweck ist dort, das Kupfer von Arsenik und Antimon zu reinigen; beide bilden zwei flüchtige Oxyde, die man dadurch fortschaffen kann, dafs man das Kupfer in eigenen Heerden verschmilzt; indem es von der atmosphärischen Luft getroffen wird, oxydiren sich Antimon, Arsenik, und zugleich ein Theil des Kupfers, das Kupferoxydul bildet, welches sehr leicht schmelzbar ist; es ist der Hauptbestandtheil der Garschlacke, die aufserdem grofse Krystalle von arsenigter Säure erhält; in dieser Garschlacke finden sich gleichfalls Krystalle, und zwar ist ihre Krystallform dieselbe wie die des natürlichen Kupferoxyduls.

Ich habe bei dieser Beschreibung nur eine theoretische Ansicht dieses Hüttenprocesses geben wollen, und dabei manches einzelne mit Fleifs übergangen, weil es nur mein Zweck war, recht deutlich zu zeigen, dafs die Kieselerde bei diesem Procefs sich ganz wie eine Säure verhält. Ich hoffe in einer der Abtheilungen dieser Abhandlung diesen Gegenstand noch weiter verfolgen zu können; ich wünsche nämlich zu zei-

gen, wie die Silicate, eben so wie gewöhnliche Salze zersetzt werden, dafs die stärkeren Basen, z. B. Natrum und Kali, Kali und Talkerde, die schwächern des Eisenoxyduls und Manganoxyduls auszutreiben im Stande sind; es beruhen auf diesen Zersetzungen die chemischen Erscheinungen, welche im Hohofen statt finden; und die Natur, und die guten und schlechten Eigenschaften des gewonnenen Eisens ist von der Bildung der Silicate und ihrer Zersetzung abhängig. Ich werde auch erst dann auf die chemische Theorie, die beim Frischen des Eisens statt findet, kommen können, und jetzt will ich nur so viel davon anführen, als zur Erklärung der Entstehung des Eisenoxydulsilicats nothwendig ist. Der Zweck beim Frischen ist, dem Roheisen einen grofsen Theil seiner Kohle zu entziehn, und zugleich (und dies ist gerade die schwerste Aufgabe) andere dem Roheisen beigemengte Bestandtheile, die das Stabeisen unbrauchbar machen, zu entfernen. Die Producte die man beim Frischen erhält, sind Stabeisen und Eisenoxydulsilicat, das man gewöhnlich beim Frischen krystallisirt erhält. Dem Roheisen kann man die Kohle sehr leicht entziehn, wenn man es mit oxydirtem Eisen gemengt schmilzt; der Sauerstoff des oxydirten Eisens verbindet sich dann mit der Kohle des Roheisens, und das Eisen des oxydirten Eisens und das Roheisen bleiben im gefrischten Zustand zurück; es ist dies sogar die einzige Methode, um aus Stabeisen vollkommen kohlenfreies Eisen darzustellen. Würde man auf diese Weise das Roheisen frischen, so würden zugleich alle schädlichen Bestandtheile zurückbleiben. Diese aufzunehmen und zu entfernen, dient die Frischschlacke; zugleich dient die Frischschlacke auch dazu, mittelbar das Roheisen zu entkohlen. Indem nämlich, wenn der Frischer seine Arbeit anfängt, ein Theil Eisen sich oxydirt, so verbindet sich das so gebildete Eisenoxydul mit der Kieselerde, die theils durch die Kohle als Sand in den Heerd kömmt, theils durch die Oxydation des Siliciums des Eisens gebildet, zuweilen auch mit Fleifs zugesetzt wird, und bildet das Silicat; wird mehr Eisen verbrannt, so entkohlt dies theils das oxydirte Eisen, indem es mit dem Roheisen auf die Weise, die ich eben angeführt habe, in Berührung kömmt; theils verbindet es sich mit dem Silicat und bildet ein Subsilicat, das, da es sehr leicht schmelzbar ist, in vielen Punkten mit dem Roheisen in Berührung kömmt, und dieses auf die Weise entkohlt, dafs die Hälfte des Eisenoxyduls zu Eisen

reducirt wird, und sich ein Silicat bildet. Das Silicat nun nimmt, indem es häufig und innig mit dem Eisen in Berührung kömmt, zugleich die dem Stabeisen schädlichen Bestandtheile auf.

Der Glimmer von Garpenberg.

Auf den Schlackenhügeln beim Schlosse Garpenberg findet sich diese Substanz, die bei älteren Hüttenprocessen gebildet wurde; diese sind häufig auch in den letztern Jahren verändert worden, und die Periode der Schmelzung, wo der Zuschlag von der Art war, dafs dieser Glimmer gebildet wurde, hat nur einige Jahre gedauert. Die Substanz schmilzt leicht vor dem Löthrohre, eben so leicht wie die gewöhnlichen Kupferschlacken, so dafs es keinem Zweifel unterworfen ist, dafs sie nicht im Ofen im geschmolzenen Zustand gewesen sei.

Diese Schlacken bilden eine homogene Masse von angehäuften Glimmermassen; die Glimmerblättchen haben häufig die Gröfse von 2″ bis 3″, sind leicht spaltbar und haben ein sehr blättriches Gefüge; Glanz, Härte, Biegsamkeit, Durchsichtigkeit, kurz alle physicalischen Eigenschaften theilen sie mit dem Glimmer, der in der Natur vorkömmt. In den Drusenhöhlen, die durch Abkühlung der Schlacke sich gebildet, haben sich sechsseitige durchsichtige Tafeln abgesondert.

Nach der Analyse bestehen hundert Theile aus

47, 31	Kiefelerde
5, 74	Thonerde
28, 91	Eisenoxyd
0, 48	Manganoxyd
6, 23	Kalkerde
10, 17	Talkerde
1, 05	Kali
99, 89.	

Dieser Glimmer enthielt ein wenig Schwefeleisen mechanisch beigemengt, das ich abgezogen habe. Das fein geschlämmte Pulver dieses Glimmers wird durch Salzsäure zersetzt; die Auflösung giebt mit Ammoniak einen rothen Niederschlag, das Eisen befindet sich also als Oxyd

darin; übrigens schliefst er sich nur schwer mit Säure auf, ich habe daher bei der Analyse salpetersauren Baryt zum Aufschliefsen anwenden müssen.

Vergleicht man das Resultat dieser Analyse mit der Zusammensetzung anderer von Klaproth analysirten Glimmerarten, so stimmt es am ersten mit der Zusammensetzung des schwarzen Siberischen Glimmers überein, bei dessen Analyse er in hundert Theilen Glimmer erhielt,

42, 0 Kieselerde.
11, 5 Thonerde.
10, 0 Kali.
22, 0 Eisenoxyd.
9, 0 Talkerde.
2, 0 Mangan.

Er unterscheidet sich nur davon durch einen geringern Gehalt an Kali und einen gröfsern an Kalkerde.

Ich werde hieran einige Beobachtungen über den Zusammenhang geologischer Erscheinungen mit den Thatsachen, die ich so eben angeführt habe, anknüpfen.

Der Glimmer ist eine der Substanzen, die den gröfsten Theil unsers Urgebirgs ausmachen; viele andere Körper, die ich späterhin erwähnen werde und die gleichfalls im Urgebirge sich finden, sind auf ähnliche Weise, wie der Glimmer, den ich so eben beschrieben habe, gebildet worden; die Temperatur, bei der Glimmer und Feldspath schmelzen, ist nicht weit von der entfernt, bei der der Quarz schmilzt, und es ist daher wenigstens aus chemischen Gründen als unbestritten anzusehn, dafs das Urgebirge einst eine geschmolzene Masse gebildet habe. Ein solcher flüssiger Zustand erklärt die Gestalt der Erde, die Zunahme der Temperatur nach dem Mittelpunkte zu, die heifsen Quellen und viele andere Erscheinungen. Ich berufe mich in dieser Hinsicht auf La Place, der ohne die chemischen Gründe, die ich angeführt habe, schon davon durch diese letztern sich überzeugt hält. Nur einige Erscheinungen will ich noch anführen, um zu zeigen, wie leicht sich vieles, insbesondere viele chemische Erscheinungen in der Geologie, durch diese Annahme erklären lassen.

Das Urgebirge ist über der ganzen Erde verbreitet, und diese Verbreitung macht es nothwendig, dafs mit dem Urgebirge zugleich alle Bestandtheile der Erdenrinde die hohe Temperatur des Urgebirgs getheilt haben; dadurch werden viele Umstände herbeigeführt, die die chemischen Verwandschaften der Körper gegen einander modificiren. Die hohe Temperatur des Urgebirgs hatte auch das Meer; der Kochpunkt des Wassers richtet sich nach dem Druck der Atmosphäre; und wenn wir die Temperatur der Erde, z. B. um 80° R. erhöhen, so dürfen wir nur 32 Fufs von der mittleren Tiefe des Meers abgeben, um eine Atmosphäre Druck über der ganzen Erde mehr zu erhalten; und durch diesen Druck wird dann auch der Kochpunkt des Wassers erhöht. La Place findet aus der Höhe der Ebbe und Fluth und den Gesetzen, von denen sie abhängig sind, dafs die mittlere Tiefe des Meers ungefähr vier Meilen betrage. Nehmen wir z. B. an, dafs drei Meilen dieser Wassermenge durch die hohe Temperatur in dampfformigem Zustande sich befunden habe; so würde der Druck dieser Masse ungefähr 2250 Atmosphären betragen; dieser Druck mufs, nach den bisher bekannten Thatsachen, den Kochpunkt des Wassers so sehr erhöhen, dafs die Bestandtheile des Urgebirgs dabei eine homogene flüssige Masse bilden könnten, ohne dafs das sie bedeckende Wasser kochte, denn eine Meile Wasser wird nämlich, da es sich bei der Erhöhung der Temperatur nach einer steigenden Proportion ausdehnt (und zwar ist diese Ausdehnung beim Wasser weit gröfser als bei der festen Masse unsers Urgebirgs) bei der Temperatur, bei der das Urgebirg flüssig ist, die ganze Erde bedecken; und nach dieser Ansicht ist es nothwendig, dafs das Urgebirge unserer Erde unter einer glühenden Wasserdecke erkaltet sei. Dieser grofse Druck so vieler Wasseratmosphären modificirt die Verwandschaft der Elemente, aus denen das Urgebirg zusammengesetzt ist. Das Urgebirg unterscheidet sich von den späteren vulkanischen Bildungen in chemischer Hinsicht besonders dadurch, dafs die Kalkerde und Talkerde, die im Urgebirge mit Kohlensäure verbunden ist, in den vulkanischen Bildungen mit der Kieselerde Silicate bilden; allein es ist natürlich, dafs die Kieselerde, die bei dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre und einer erhöhten Temperatur die Kohlensäure austreibt, sie unter einem Druck von so vielen Atmosphären nicht austreiben kann, und in chemischer Hinsicht

ist es nicht auffallend, wenn man Quarzkrystalle im Carrarischen Marmor findet; bei den vulkanischen Bildungen fehlte dieser Druck, und es mufste die Zersetzung statt finden, wie sie in unsern Laboratorien und beim Hüttenprocefs statt findet. Aus dieser Ansicht ersieht man leicht, wie das Urgebirge wasserhaltige Fossilien, z. B. Gyps und kohlensaure Salze, ja wie sogar Wasser sich im Quarz befinden kann. Und was gerade die letztere Erscheinung anbetrifft, so sind Davy's Versuche ein neuer Beweis für die Richtigkeit der Ansicht, die ich angeführt habe. Übrigens wird diese Ansicht durch neue Versuche von Cagnard de la Tour über das Verhalten tropfbar flüssiger Körper bei hohen Temperaturen etwas modificirt, und nach seinen Versuchen ist es nothwendig, dafs die ganze Wassermenge unsrer Meere bei der Temperatur, wo die Bestandtheile des Urgebirgs fliefsen, eine elastische Flüssigkeit gebildet habe; die da, wo sie das fliefsende Urgebirg berührten, sehr verdichtet gewesen sein mufste.

Eine Erscheinung, die uns näher liegt, kann man gleichfalls auf diese Weise sehr leicht erklären; eine grofse Reihe von Erscheinungen machen einen höhern Stand des Meeres als der jetzige ist, sehr wahrscheinlich; das Meer dehnt sich bei der Erhöhung der Temperatur viel mehr aus, als das Land; wenn die ganze Erde eine Temperatur von 80° R. hat, und die mittlere Tiefe des Meeres vier Meilen beträgt, so steht das Meer schon 2000 Fufs höher als jetzt, wenn man nämlich die Ausdehnung der Gebirge durch die Wärme der Ausdehnung des Glases gleich setzt; und bei einer Temperatur von 200°, und sogar noch bei einer viel niedrigern Temperatur der Erde, wird das Wasser des Meers unsere höchsten Übergangsgebirge, oder im Allgemeinen alle Berge bedecken, auf denen wir Überreste von Meerbewohnern gefunden haben. Die Erklärung ist um so einfacher, da diese erhöhte Temperatur der Erde theils noch von der allmähligen Erkaltung, theils auch durch eine geologische Revolution, die zugleich die erste organische Schöpfung zerstörte, herbeigeführt werden konnte.

Ist das Urgebirg und sind die vulkanischen Bildungen flüssig gewesen, und haben dann krystallisirt, so müssen wir gleichfalls auch in ihnen die Gesetze wieder aufzufinden suchen, die wir im Allgemeinen bemerken, wenn ein flüssiger Körper durch Erkalten fest wird; Gesetze,

die übrigens verschiedene Modificationen erleiden, nach der chemischen Natur der Körper, und der krystallischen Textur, die sie beim Erkalten annehmen. Für die Erscheinungen, welche in dieser Rücksicht bei den vulkanischen Bildungen, und insbesondere beim Basalt, statt finden, besitze ich einige erklärende Stücke. Bei Sahle sind die Schlacken so vollkommen dem Basalte ähnlich, dafs das geübteste Auge sich dadurch täuschen läfst; selbst die Drusenhöhlen sind mit Krystallen von Pyroxen angefüllt; diese Schlacken zeigen keine Absonderungsebenen, deutlicher sind aber die Absonderungsebenen des Bisilicats von Fahlun, welches mit dem Basalt im Allgemeinen eine analoge Zusammensetzung hat; und bei dieser Schlacke sieht man recht deutlich, wie die Axen fast aller einzelnen kleinen Krystalle, die den blättrigen Bruch der Schlacke hervorbringen, perpendiculär auf der Erkaltungsebene stehn; noch auffallender bemerkt man dieses an einem Exemplar, das ich Fig. 5 abgebildet habe, und das man dadurch erhalten hat, dafs man die Schlacke in eine Form gofs; beim Krystallisiren dieser Schlacke waren verschiedene Erkaltungsebenen, und man sieht es an ihr sehr deutlich, wie auf jeder Erkaltungsebene die Absonderungsflächen perpendiculär stehen. Gerade wie bei dieser Schlacke, verhält es sich mit der Absonderung beim Basalt.

Am besten können wir die Erscheinungen, wenn ein flüssiger Körper in einen festen Zustand übergeht, beim Schwefel beobachten; und zwar kann man aus den Erscheinungen bei der Erkaltung des geschmolzenen Schwefels um so leichter einen Schlufs auf ähnliche Erscheinungen im Urgebirge machen, da die primitive Figur des erkalteten Schwefels zu der Klasse gehört, wozu man die primitive Figur des Feldspaths rechnet; übrigens findet diese Erscheinung bei allen Körpern, die ich habe untersuchen können, z. B. auch beim Wasser, ohne Ausnahme statt.

Wenn nämlich ein flüssiger Körper bis zu einem gewissen Punkt erkaltet ist, z. B. der Schwefel in irgend einem runden Gefäfs, und er fängt an fest zu werden, so legt sich nicht etwa, wie man doch erwarten sollte, eine Kruste erkalteten Schwefels an das kalte Gefäfs, und auf die Kruste wieder eine zweite, sondern im Gegentheil, wenn sich ein Krystall an die Wand des Gefäfses erst angesetzt hat, so setzt sich der Krystall nach der Richtung seiner Axe durch die ganze Masse fort,

und zwar so, dafs nachdem er sich von der einen Wand des Gefäfses zur andern erstreckt, die ganze Masse um den Krystall herum noch flüssig bleibt, und sehr häufig erkaltet, ohne dafs ihre Theile die Richtung des Krystalls angenommen haben. Wenn man nun die erkaltete Masse untersucht, so findet man, dafs da, wo der Krystall sich gebildet hatte, die Masse einen deutlichen blättrichen Bruch hat, und dafs um den Krystall herum die vorher länger flüssig gebliebene Masse viel weniger die krystallinische Textur zeigt. Auf diese Weise kann man leicht erklären, wie Gänge von grobkörnigem Granit den feinkörnigen durchziehen, und viele andere Erscheinungen.

Diese Beobachtung erklärt noch eine andere Erscheinung: wenn wir nämlich, indem die Masse halb erkaltet ist, das noch flüssige abgiefsen, so erhalten wir die Krystalle, welche sich in der flüssigen Masse gebildet hatten, einzeln, und man kann sie dann bestimmen.

Giefsen wir die flüssige Masse nicht ab, sondern lassen sie langsam erkalten, so nimmt, wie dies bei den meisten Körpern der Fall ist, der feste Körper einen kleineren Raum ein als der flüssige, und es wird durch die Zusammenziehung der Masse dasselbe bewirkt werden, was beim Ausgiefsen statt findet; es werden sich Höhlen bilden, die mit schon ausgebildeten Krystallen besetzt sind. Dieser Erscheinung ist die Bildung der Drusenhöhlen im Urgebirge ganz analog.

Über
das Verhältnifs der Krystallform zu den chemischen Proportionen.

Von
Hrn. MITSCHERLICH.

Vierte Abhandlung: über die Körper, welche in zwei verschiedenen Formen krystallisiren.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 26. Juny 1823.]

In meiner zweiten Abhandlung findet sich eine Thatsache, die ich damals nur mit wenig Vertrauen bekannt gemacht habe, allein sie war so durch Versuche bestätigt, dafs ich durchaus keinen Irrthum, den ich begangen haben könnte, vermuthen durfte. Diese Thatsache, dafs nämlich ein Körper, wie z. B. das phosphorsaure Natrum, in zwei verschiedenen Formen krystallisiren kann, war bisher bei künstlichen Verbindungen noch nie beobachtet, und Hauy hält sich für überzeugt, dafs für eine solche Thatsache auch unter den Mineralien sich kein Beispiel finde. Es finden sich unter diesen zwar mehrere Beispiele, die sie bestätigen, aber unglücklicherweise treffen wir bei den Mineralien nur sehr selten auf Verbindungen, die ganz ohne fremde Beimischung sind; und wenn wir eine und dieselbe chemische Verbindung als Mineral in zwei verschiedenen Formen gefunden haben, so hat man auch immer bei dem einen oder andern Krystall Spuren von fremder Substanz gefunden, die man als Ursache der Verschiedenheit der Formen ansehn konnte.

Ich habe seit der Bekanntmachung meiner zweiten Abhandlung diesen Gegenstand weiter verfolgt, und ich darf es jetzt als eine ausgemachte Thatsache ansehn: „dafs ein und derselbe Körper, es ist

„gleichgültig, ob er zusammengesetzt ist oder einfach, zwei verschie-
„dene krystallinische Formen annehmen kann."

Ich habe diese Thatsache mehrere Male beobachtet; heute wünsche ich aus den Beispielen, welche sie bestätigen, den Schwefel zu wählen, welcher als einfacher Körper, die Richtigkeit dieser Beobachtung zu beweisen, am besten sich eignet.

Der Schwefel.

Die natürlichen Krystalle des Schwefels, die ich untersucht habe, finden sich in zwei verschiedenen Perioden der Revolution unserer Erde: im Kalkstein und in den vulkanischen Gegenden. Künstliche Krystalle habe ich mir auf zwei verschiedene Weisen verschaft, indem ich nämlich Schwefelkohlenstoff, in dem Schwefel aufgelöst war, verdampfen liefs (1), und indem ich Schwefel schmolz und sehr langsam erkalten liefs (2).

Die natürlichen Krystalle des Schwefels, und die Krystalle, die man aus dem Schwefelkohlenstoff erhält, haben dieselbe Krystallform mit denselben secundären Flächen, aber eine verschiedene von der des geschmolzenen Schwefels. Wenn man die natürlichen Krystalle des Schwefels schmilzt, so erhält man die Krystalle des geschmolzenen Schwefels,

(1) Ich habe mir eine grofse Menge Schwefelkohlenstoff bearbeitet, und ihn so weit rectificirt, bis ungefähr $\frac{9}{10}$ Theile übergegangen waren; den Rest, welcher die ganze Menge Schwefel, die der Schwefelkohlenstoff während seiner Bildung aufgenommen, enthielt, setzte ich in einem Gefäfse mit engem Halse der Luft aus. Indem sich nun der Schwefelkohlenstoff langsam verflüchtigte, bildeten sich schöne Schwefelkrystalle; man mufs diese Krystalle, wenn man sie recht schön erhalten will, aus der Flüssigkeit herausnehmen, ehe aller Schwefelkohlenstoff verdampft, weil sie sich gewöhnlich am Schlufs der Operation mit einer Rinde bedecken; diese Krystalle sind durchscheinend, und gleichen vollkommen den natürlichen Krystallen.

(2) Um recht grofse Krystalle von geschmolzenem Schwefel zu erhalten, habe ich in einem gewöhnlichen Topf 50 Pfund Schwefel geschmolzen; ich liefs den Topf, umgeben mit schlechten Wärmeleitern, 4 bis 5 Stunden erkalten; auf der Oberfläche hatte sich eine dicke Kruste gebildet; diese durchstiefs ich, kehrte den Topf um, und liefs den Schwefel, der noch inwendig in der Masse flüssig war, herauslaufen; die Krystalle, welche ich auf diese Weise erhielt, hatten zuweilen den Durchmesser eines halben Zolls. Frisch bereitet, sind diese Krystalle durchscheinend; sie bleichen aber, der Luft ausgesetzt, sehr bald, und werden dann undurchsichtig.

und wenn man die Krystalle des geschmolzenen Schwefels in Schwefelkohlenstoff, Terpentinöhl, oder in andern Auflösungsmitteln auflöst, so krystallisirt der Schwefel in der Form der natürlichen Krystalle heraus.

Die primitive Form der Krystalle des natürlichen Schwefels und der Krystalle des Schwefels, die man aus Auflösungen erhält, ist ein Octaëder mit Rhombenbasis, so wie Hauy dieses bestimmt hat. Die Blätterdurchgänge sind parallel den Flächen P; der Winkel, den P mit P' macht, beträgt nach meinen Messungen mit dem Reflectionsgoniometer 84° 58′ und der den P mit P'' macht, beträgt 143° 17′; meine Messung entfernt sich nur wenig von den Winkeln, die Hauy angenommen hat.

Über den Parallelismus der Kanten, und das Verhältniſs der Flächen, habe ich nichts anzuführen, weil man dieses aus den Zeichnungen selbst sehr leicht sieht, als etwa, daſs die Fläche s durch den Parallelismus der Kanten $\frac{s}{n}$ und $\frac{s}{P}$ und der Kanten $\frac{P}{s}$ und $\frac{s}{r}$ bestimmt ist, denn es folgt aus diesem Parallelismus, daſs die Tangente des Winkels, den die Kante $\frac{P}{P}$ mit der Axe macht, sich zur Tangente des Winkels, welchen die Kante $\frac{s}{s}$ mit der Axe macht, wie 1 : 3 verhalte.

Zeichen der Flächen.

P	$\underset{1}{A}$	$^1I^1$	$\overset{1}{\underset{1}{D}}$	$\underset{2}{A}$	$^1B^1$
	r	o	m	s	n

Da die secundären Flächen durch ihre Lage bestimmt sind, so sind die Neigungen der Flächen, wenn man von den Winkeln, die ich so eben angeführt habe, ausgeht, folgende:

$P : P''$	$= 143°\ 17'$	$B : B'$	$= 124°\ 24'$
$P : P'$	$= 84°\ 58'$	$D : D'$	$= 101°\ 59'$
$P : m$	$= 161°\ 38\frac{1}{2}'$	$C : C'$	$= 133°\ 45'$
$P : r$	$= 108°\ 21\frac{1}{2}'$	$n : n'$	$= 104°\ 3'$
$m : r$	$= 90°$	$v : r$	$= 115°\ 24'$
$P : P$	$= 106°\ 38'$	$s : s'$	$= 89°\ 52'$
$P : n$	$= 132°\ 29'$	$s : r$	$= 134°\ 56'$

Die primitive Form der Krystalle des geschmolzenen Schwefels ist ein geschobenes Prisma mit Rhombenbasis (Fig. 7.); in dem M mit

M, nach meinen Messungen mit dem Reflectionsgoniometer, einen Winkel von 90° 32′ macht, und *P* mit *M* einen Winkel von 85° 54½′; die Flächen *M* passen sich besonders gut zu einer genauen Messung; die Blätterdurchgänge, welche sehr deutlich sind, sind den Flächen der primitiven Form parallel.

Der Parallelismus der Kanten, woraus das Verhältnifs der Flächen gegen einander folgt, ist genau in der Zeichnung angegeben. Die Kante $\frac{P}{n}$ ist der schiefen Diagonale der Flächen *P* parallel, die Kante $\frac{t}{n}$ einer Fläche, die man durch die Ecken *E* legt; die Kante $\frac{t}{P}$ ist der Kante $\frac{t}{M}$ parallel; aus diesem Parallelismus folgt, dafs die Tangente des Winkels, den die Kante *r* mit der Axe macht, sich zur Tangente des Winkels, welchen *P* mit der Axe bildet, wie 1 : 9 verhalte; denn ich habe durch Messung gefunden, dafs die Tangente des Messungswinkels für die Decrescenzen auf der Ecke *E* sich zur Tangente des halben Winkels, den *n* mit *n* macht, wie 5 : 1 verhalte.

Die Krystalle des geschmolzenen Schwefels zeigen sich gewöhnlich als Zwillinge von zwei verschiedenen Arten; eine Art dieser Zwillinge ist eine wirkliche Hemitropie (Fig. 10.); diese Art von Zwilling findet sich sehr häufig bei allen den Krystallen, deren primitive Figur ein geschobenes Prisma mit Rhombenbasis ist, z. B. bei der Hornblende und dem Augit. Die andere Art ist sehr merkwürdig, und sie hat sich bisher nur bei den Krystallen des geschmolzenen Schwefels gefunden. Der Krystall ist, wenn ich mich des Ausdrucks bedienen soll, nicht um die Hälfte, sondern nur um ein Viertel herumgedreht (Fig. 11.); die Fläche *d* ist dann parallel mit der Fläche *d* des andern Krystalls, *d′* ist die grade Abstumpfung der Kante *H*; die Fläche *n* des einen Krystalls ist der Fläche *n′* des andern Krystalls parallel, womit sie nur eine Fläche bildet. Dieser Umstand giebt ein Mittel an die Hand, die Höhe des Prismas genau zu bestimmen, wenn man den Winkel, den die Seitenflächen unter sich machen, bestimmt, und durch eine vorläufige Messung ausgemacht hat, durch wie viele Decrescenzen die Fläche *n* entstanden ist, und ich habe auf diese Weise die Höhe des Prismas bestimmt.

Zeichen der Flächen.

P	M	$'H'$	$\overset{\frac{1}{5}}{E}$	$\overset{\frac{1}{10}}{D}$
		d	n	t

Neigung der Flächen.

$P : d' = 95° \ 46'$	$n : P = 155° \ 9'$
$M : M = 90° \ 32'$	$r : d' = 138°$
$P : d'' = 84° \ 14'$	$r : d'' = 42°$
$P : M = 85° \ 54\frac{1}{2}'$	$o = 90° \ 14'$
$P : M''' = 94° \ 5\frac{1}{2}'$	$r : P = 137° \ 46'$
$M : d = 135° \ 16'$	$P : t = 127° \ 58'$
$n : n = 90° \ 18'$	$t : M = 146° \ 7\frac{1}{2}'$

Ich habe den Schwefel nicht allein in Schwefelkohlenstoff, sondern auch in Chlorschwefel und Phosphorschwefel aufgelöst; der Schwefel löst bei einer erhöheten Temperatur sich sehr leicht in Chlorschwefel auf, und er krystallisirt aus der Auflösung heraus, wenn man die warme Auflösung erkalten läfst; hieraus folgt, dafs der Chlorschwefel bei einer höheren Temperatur mehr Schwefel aufzulösen im Stande ist, als bei einer niedrigern.

Auf ähnliche Weise habe ich Phosphorkrystalle erhalten; der Phosphor löst sich in Phosphorschwefel auf, der bei der gewöhnlichen Temperatur noch flüssig ist, und zwar löst sich auch der Phosphor bei einer höheren Temperatur darin in gröfserer Menge auf, als bei der gewöhnlichen, und er krystallisirt aus der erkalteten Auflösung, die flüssig bleibt, in grofsen und schönen Krystallen heraus. Man erhält auf diese Weise schöne und grofse Phosphorkrystalle, die reguläre Dodecaëder sind und keine secundäre Flächen zeigen (1).

Der Schwefel löst sich in Schwefelkohlenstoff, in Phosphorschwefel und Chlorschwefel auf; der Phosphor gleichfalls in Phosphorschwefel, und die Auflöslichkeit des Phosphors und des Schwefels nimmt mit der Temperatur zu; diese Erscheinungen sind vollkommen der Auflö-

---

(1) Der Schwefelkohlenstoff löst auch eine grofse Menge Phosphor auf, aber ich habe daraus keine schöne Krystalle erhalten können, weder indem ich die Auflösung langsam erkalten, noch indem ich sie langsam verdampfen liefs.

sung der Salze im Wasser analog; es ist sehr wahrscheinlich, dafs sich das Arsenik eben so wie der Phosphor gegen den Schwefel verhält, ich meine nämlich, dafs die beiden Verbindungen des Schwefels und Arseniks das Realgar (AS^2) und das Auripigment (AS^3), das Arsenik und den Schwefel gerade so auflösen, wie der Phosphorschwefel den Schwefel und den Phosphor, wie das Wasser die Salze auflöst, dafs wir aber nicht im Stande sind, den aufgelösten Schwefel vom Schwefelarsenik zu scheiden, weil wir das Schwefelarsenik nicht langsam genug erkalten lassen und nicht lange genug flüssig erhalten können. Und auf diese Weise kann man recht leicht die Beobachtung erklären, dafs Arsenik und Schwefel mit einander, in welchem Verhältnifs man will, zusammengeschmolzen, eine homogene Masse bilden.

Ich werde heute keine Betrachtungen über diese Thatsache hinzufügen, eine Thatsache, die in einem unmittelbaren Zusammenhang mit einer Untersuchung von Berzelius über den gewöhnlichen Schwefelkies und über den weifsen Schwefelkies, steht; die Mineralogen bezeichnen mit diesen beiden Namen das Schwefeleisen im Maximum, welches, wie der Schwefel selbst, zwei verschiedene Formen annimmt. Dieselbe Thatsache finden wir beim Arragonit und Kalkspath, und ich hoffe, dafs die Erklärung, welche ich in meiner zweiten Abhandlung darüber gegeben habe, jetzt viel an Sicherheit gewinnen wird, da man jetzt im Stande ist, durch die beiden Krystallformen des Schwefels sich so leicht von der Wahrheit der Thatsache selbst zu überzeugen.

Über

die Verbindung des Eisens mit Kohle.

Von

H^rn. C. J. B. KARSTEN.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 17. April 1823.]

Die Kenntnifs des Eisens ist so alt, als die Geschichte der Völker. Auch der Unterschied zwischen Eisen und Stahl, war schon vor viertehalbtausend Jahren den Egyptern bekannt. Die ersten Spuren von der Kenntnifs des Roheisens und von seiner Benutzung, finden sich aber erst zu Ende des funfzehnten Jahrhunderts. Aus dem Elsafs ging sie nach England und Schweden über, und verbreitete sich fast gleichzeitig durch das östliche und nördliche Deutschland.

Dafs man das Eisen erst so spät im Zustande des Roheisens kennen lernte, scheint auffallend zu seyn bei einem Metall, dessen Darstellung und Verarbeitung so früh und so allgemein der Gegenstand der Beschäftigung fast aller Nationen gewesen ist. Die Verfahrungsweise beim Zugutemachen der Eisenerze erklärt jene Erscheinung. Man bediente sich nur solcher Methoden, durch deren Ausübung das Eisen im flüssigen Zustande nicht dargestellt werden konnte. Die Geschichte hat den Namen Desjenigen nicht aufbewahrt, welcher, zuerst auf den flüssigen Zustand des Eisens aufmerksam, den Grund zu einer ganz neuen Benutzungsart dieses Metalles gelegt hat.

Seitdem man das Eisen im flüssigen Zustande zu benutzen angefangen hatte, unterschied man auch sehr bestimmt drei verschiedene Zustände des metallischen Eisens überhaupt, und gelangte bald zu der Kenntnifs, das Metall aus dem einen seiner Zustände in den anderen zu versetzen. Die Benennungen Stabeisen, Stahl und Roheisen bezeichnen diese verschiedenen Zustände. Auch jetzt noch hat man die Eintheilung in geschmeidiges und ungeschmeidiges Eisen beibehalten und

unterscheidet das geschmeidige Eisen, welches durch schnelle Temperaturveränderung Geschmeidigkeit und Weichheit behält, von dem geschmeidigen Eisen, welches seine Geschmeidigkeit und Weichheit bei einem plötzlichen Übergange aus der erhöheten in eine niedrige Temperatur mehr oder weniger einbüfst, und sie erst durch die Glühhitze wieder erlangt. Aber der Übergang aus dem Stabeisen in Stahl ist so unmerklich, dafs es unmöglich wird, die Gränze zwischen dem härtesten Stabeisen und dem weichsten Stahl anzugeben. Noch weniger läfst sich eine genaue Gränze ziehen, zwischen dem geschmeidigen und dem ungeschmeidigen Eisen, indem mancher Stahl eben so gut Roheisen als Stahl, und umgekehrt, manches Roheisen nicht mit Unrecht Stahl genannt werden könnte.

Ungehärteter Stahl und Stabeisen lassen sich auf der Bruchfläche nicht so leicht unterscheiden. In vielen Fällen erkennt nur ein sehr geübtes Auge diesen Unterschied. Auffallend verschieden ist dagegen das Ansehen eines und desselben Stahls im gehärteten und ungehärteten Zustande. Die Farbenänderung, welche jedesmal mit dem Übergange aus dem harten Zustande in den weichen, und aus diesem wieder in jenen verbunden ist, würde schon allein zu der Vermuthung führen können, dafs Farbe und Härte durch ein verändertes Mischungsverhältnifs der Masse bedingt werden. Noch gröfser und auffallender tritt diese Verschiedenheit der Farbe und der Härte bei dem ungeschmeidigen Eisen hervor. Das weiche, graue Roheisen zeigt so wenig äusserliche Ähnlichkeit mit dem harten, weifsen, dafs man sie sogleich für zwei ganz verschiedene metallische Verbindungen erkennen wird. Und dennoch reicht eine mehr oder weniger schnelle Temperaturveränderung schon hin, um graues Roheisen in weifses und dieses in jenes umzuändern. Wir werden bald sehen, dafs das weiche Eisen, vom grauesten Roheisen, durch alle Grade des weichen Roheisens und Stahls bis zum reinsten Stabeisen, die eine Reihe, — und das harte Eisen, vom härtesten Roheisen mit glänzenden weifsen Flächen, durch alle Grade des weifsen, harten Roheisens und des gehärteten Stahls bis zu dem durch Ablöschen härter gewordenen Stabeisen, die zweite Reihe von Verbindungen des Eisens mit Kohle darstellen, welche wesentlich von einander unterschieden werden müssen.

So abweichend auch von jeher die Meinungen der Metallurgen über die Natur und über die Ursachen der Bildung des Roheisens, des Stabeisens und des Stahls gewesen seyn mögen, so stimmten sie doch alle darin überein, sie nur für Modifikationen eines und desselben Metalles zu halten. Wodurch diese Modifikationen bewirkt würden, darüber mufste die Chemie den Aufschlufs geben. Daher darf es nicht befremden, dafs dieser erst sehr spät erfolgen konnte, und dafs kaum vierzig Jahre verflossen sind, seitdem uns aus Schweden durch Scheele's, vorzüglich durch Bergman's und Rinman's Untersuchungen, die erste Belehrung über die eigentliche Ursache der Verschiedenheit des Roheisens, des Stabeisens und des Stahls, zu Theil geworden ist. Jene Untersuchungen schienen den Gegenstand aber auch mit einem mal durchaus und vollständig erschöpft zu haben, indem sie durch die Prüfungen französischer, englischer und deutscher Chemiker allgemein bestätigt worden sind. Die Annahme eines Sauerstoffgehaltes im weifsen Roheisen, wodurch man der Theorie der Schwedischen Gelehrten, in Frankreich und zum Theil in Deutschland, eine gröfsere Vollständigkeit gegeben zu haben glaubte, zeigte sich bald als eine irrige, durch nichts bestätigte und eigentlich auch nur aus höchst schwachen Gründen hervorgegangene Voraussetzung.

Was die Verschiedenheit des Roheisens, des Stahls und des Stabeisens hervorbringt, ist die mit dem Eisen verbundene Kohle, von welcher das Roheisen, nach jener Lehre, die gröfste, der Stahl eine geringere, und das Stabeisen die geringste Menge enthält. Der einfachste Versuch und die tägliche Erfahrung in den zur Gewinnung und zur Verarbeitung des Eisens bestimmten Werkstätten, bestätigen die Richtigkeit dieser Theorie und erheben sie über jeden Zweifel. Die Menge der Kohle in den verschiedenen Arten des Eisens suchte Mushet näher zu bestimmen und glaubte aus seinen Erfahrungen schliefsen zu dürfen, dafs der weichste Gufsstahl etwa $\frac{4}{5}$, der gewöhnliche Gufsstahl 1, der härtere 1,1, der zu harte 2, das weifse Roheisen 4, das weifsgraue 5, und das dunkelgraue Roheisen $6\frac{2}{3}$ Prozent Kohle enthalte.

Mit wenigen und unbedeutenden Ausnahmen, hat nun die Ansicht überall Eingang gefunden, dafs in der Menge des Kohlengehalts nicht allein der Grund der Verschiedenheit des Roheisens, des Stabeisens und

des Stahls, sondern auch des weifsen und des grauen Roheisens, zu suchen sei. Der praktische Hüttenmann huldigte dieser Lehre, weil er schon längst gewohnt war, das weifse Roheisen für ein an Kohlenstoff ärmeres, und das graue Roheisen für das reichere an Kohle anzusehen.

Schon vor mehreren Jahren (1) glaube ich gezeigt zu haben, dafs sich durch die Menge der Kohle allein, die Verschiedenheit des grauen und des weifsen Roheisens nicht erklären lasse, sondern dafs die Art und Weise wie die Kohle mit dem Eisen verbunden sei, dabei ganz vorzüglich entscheide. Auch suchte ich damals schon darzuthun, dafs das weifse Roheisen nicht immer eine geringere Menge Kohle wie das graue enthalte. Neuere Erfahrungen haben mir zwar die Richtigkeit jener Angabe im Allgemeinen bestätigt, mich aber auch belehrt, dafs sie einer wesentlichen Berichtigung, besonders in Rücksicht der Zusammensetzung des grauen Roheisens und des ungehärteten Stahls, bedürfe.

Die Verbindungen des Eisens mit Kohle sind auch in neueren Zeiten der Aufmerksamkeit der Chemiker nicht entgangen. Dafs die Untersuchungen zu keinem Resultat geführt haben, liegt in der ungemein grofsen Schwierigkeit, die Menge der Kohle genau zu bestimmen, indem die nicht gasförmig entweichende Kohle ganz neue, noch unbekannte Verbindungen eingeht und beim Auflösen des kohlehaltigen Eisens in Säuren, bald ein sehr übel riechendes Öl bildet, bald als ein röthlichbraunes Pulver zurückbleibt, welches Berzelius sehr treffend mit Extraktivstoff vergleicht, wie man ihn aus der mit thierisch-vegetabilischen Überresten geschwängerten Erde, oder aus dem sogenannten Humus erhält. Aber diese Schwierigkeit ist es nicht allein, welche bei der Untersuchung des kohlehaltigen Eisens eintritt. Eine zweite, noch gröfsere, besteht darin, dafs die, aus bestimmten Mischungsgewichten des Eisens und der Kohle zusammengesetzten Verbindungen, welche sich im Eisen aufgelöset befinden, für sich nicht rein dargestellt werden können, sondern fast in dem Augenblick wie sie sich durch den chemischen Prozefs von der Masse des nicht mit Kohle verbundenen Eisens trennen, auch schon eine Zersetzung erlitten haben.

---

(1) Handbuch der Eisenhüttenkunde. Th. I. II., mit zwei Kupfert. Halle 1816.

Um daher die Natur und Beschaffenheit der Verbindungen des Eisens mit Kohle richtig zu beurtheilen, genügt es nicht, die Gröfse des Kohlegehalts zu bestimmen, sondern es ist auch nothwendig, den Zustand anzugeben, in welchem sich die, im Überschufs von Eisen aufgelösete Verbindung der Kohle mit Eisen, in dem kohlehaltigen Eisen befindet. Bei der eben bemerkten grofsen Schwierigkeit, diese Verbindungen darzustellen, läfst sich ein richtiges Urtheil über den Zustand, in welchem die Kohle in den verschiedenen Verbindungen des kohlehaltigen Eisens vorhanden ist, nur dadurch erlangen, dafs man alle Erscheinungen zusammen nimmt und mit einander vergleicht, welche das kohlehaltige Eisen in seinen verschiedenen Zuständen beim Glühen, Schmelzen und Erkalten, so wie beim Auflösen in Säuren oder bei Zersetzungen anderer Art darbietet. Diejenigen Erscheinungen, durch welche der Zustand der Kohle in der Verbindung mit Eisen auffallend dargethan wird, hier kurz zusammen zu stellen, dürfte nothwendig seyn, weil sie der Aufmerksamkeit der Chemiker zu wenig werth gehalten, auch zum Theil vielleicht nicht zu ihrer Kenntnifs gelangt seyn mögen.

I. Erscheinungen beim Glühen.

Weiches Stabeisen bleibt beim Glühen in der Rothglühhitze weich, es mag zwischen Kohlen geglüht werden, oder nicht. In höheren Hitzgraden behält es die weiche Beschaffenheit, in so fern das Glühen zwischen Kohlen statt findet, nur dann, wenn es langsam erkaltet. Durch schnelles Erkalten, besonders durch Ablöschen im Wasser, erlangt es eine geringere oder gröfsere Härte, je nachdem es einer geringeren oder gröfseren Hitze, kürzere oder längere Zeit ausgesetzt war.

Das weichste und zäheste Stabeisen wird durch anhaltendes Glühen zwischen Kohlen in der Weifsglühhitze mürbe, und scheint den Zusammenhang seiner Theile verloren zu haben, welcher aber durch Glühen im offenen Feuer und durch Zusammenschweifsen wieder gewonnen wird. Langsam erkaltet, bleibt es weich und behält die weiche Beschaffenheit, wenn es, von Neuem erhitzt, sich langsam abkühlt, wogegen es durch plötzliche Abkühlung hart und spröde wird. In diesem Zustande erhält das Stabeisen bekanntlich den Namen: Cementstahl. Mit dem Übergange aus dem weichen in den harten Zustand, ist eine

Veränderung der Farbe jederzeit, und eine Veränderung des Gefüges in dem Fall verbunden, wenn Weifsglühhitze beim Härten angewendet wird, und wenn das Eisen vorher anhaltend in hinlänglich starker Hitze mit Kohle cementirt oder geglüht worden war. Der gehärtete Cementstahl unterscheidet sich von dem weichen, nicht gehärteten und langsam erkalteten, durch die lichtere Farbe. Das Gefüge des in der Weifsglühhitze gehärteten Stahls scheint aus groben, sehr glänzenden, weifsen Körnern zu bestehen, und die Sprödigkeit ist dabei so grofs, dafs sich der gehärtete Stahl im Mörser zerpulvern läfst. In diesem Zustande hat er auch seine Schweifsbarkeit zum Theil verloren.

Der durch Cementiren oder Glühen des Stabeisens mit Kohle bereitete Stahl verliert von seiner Eigenschaft: durch schnelle Temperaturveränderung, oder durch das sogenannte Härten, härter zu werden, immer mehr, je öfter er im offenen Feuer geglüht und zusammengeschweifst wird. Bei dem aus Roheisen bereiteten Stahl, oder dem sogenannten Rohstahl, ist dies in einem geringeren Grade der Fall, und in einem noch geringeren Grade zeigt der Stahl diese Eigenschaft, welcher durch Schmelzen des Cementstahls oder des Rohstahls in verschlossenen Tiegeln erhalten wird und welcher unter dem Namen Gufsstahl bekannt ist.

Der in verschlossenen Tiegeln geschmolzene Stahl zeigt immer eine geringere Schweifsbarkeit, erlangt aber bei geringerer Temperaturverschiedenheit eine gröfsere Härte, als der Cementstahl, oder der Rohstahl, woraus er bereitet worden ist. Cementstahl, welcher sich noch sehr gut schweifsen läfst, und eine lichtrothe Glühhitze beim Härten verträgt, verliert die Schweifsbarkeit fast gänzlich, nimmt dagegen aber schon in der braunrothen Hitze einen hohen Grad von Härte an, wenn er in Tiegeln umgeschmolzen worden ist. Wird er bei demselben Grade der Hitze gehärtet, bei welchem der Cementstahl den höchsten Grad der Härte bekommt, welchen er anzunehmen fähig ist, so verhält sich der Gufsstahl eben so wie der in zu grofser Hitze gehärtete Cementstahl, d. h., er wird mürbe und bekommt ein grobes, glänzendes Gefüge von weifser Farbe.

Der gehärtete Stahl wird durch Glühen im offenen Feuer oder zwischen Kohlen wieder weich, wenn er nach dem Glühen langsam

erkaltet. Die lichte Bruchfarbe ändert sich durch das Glühen in eine dunklere um, und das glänzend grobkörnige Gefüge, welches der in zu starker Hitze gehärtete Stahl erhalten hatte, wird feinkörniger und dichter.

Bleibt das Stabeisen zu lange Zeit der Einwirkung der Kohle in der Weifsglühhitze ausgesetzt, so fängt es an zu schmelzen, und verwandelt sich dabei in g r a u e s Roheisen. Die Weichheit ist geblieben, aber die Geschmeidigkeit in der gewöhnlichen Temperatur vermindert und die Schweifsbarkeit ganz verloren. Zwischen dem so erhaltenen und dem aus den Eisenerzen dargestellten, möglichst grauen Roheisen, findet sich in keiner Art irgend ein Unterschied.

Wenn hartes, weifses und sprödes Roheisen mit blättrigem oder strahligem Bruch, unter Luftzutritt a n h a l t e n d geglüht wird und langsam erkaltet, so verdunkelt sich die Farbe unter der Glühspandecke, womit sich das Eisen überzieht, immer mehr und mehr; das Gefüge wird körnig, statt der Härte tritt Weichheit und statt der Sprödigkeit ein ziemlich hoher Grad von Geschmeidigkeit ein. Das Eisen erhält das Ansehen des grauen Roheisens. Derselbe Erfolg findet statt, wenn der Luftzutritt ganz, oder theilweise, durch Knochenasche, Thon, reinen Sand, Kreide, Holzasche, ja selbst durch Reifsblei und durch Kohle abgehalten wird. Die Bildung des Glühespans auf der Oberfläche, durch Luftzutritt, beschleunigt übrigens die Umänderung aus einer harten, weifsen und spröden in eine weiche, graue und geschmeidige Masse. Wird das auf diese Weise ausgeglühete Eisen noch glühend in Wasser abgelöscht, so erlangt es wieder Härte und Sprödigkeit, und bekommt ein theils dichtes, theils grobkörniges, glänzendes Gefüge von weifser Farbe.

Das weiche, graue und geschmeidige Roheisen erleidet nur dann durch anhaltendes Glühen und langsames Erkalten eine bemerkbare Veränderung, wenn der Luftzutritt nicht abgehalten wird, und wenn sich eine starke Glühspanrinde bilden kann. Unter dieser Rinde wird die Farbe lichter mit zunehmender Geschmeidigkeit, aber nicht bemerkbar gröfserer Weichheit. Bei abgehaltenem Luftzutritt behält es die graue Farbe, wird grobkörniger und mürber, oder verliert an Geschmeidigkeit, und scheint auch einen etwas geringeren Grad von Weichheit, als vor dem Glühen, zu besitzen. Wird das, mit oder ohne Luftzutritt,

bis zum Weiſsglühen erhitzte graue Roheisen, plötzlich in Wasser abgelöscht, so erhält es eine lichtere Farbe mit zunehmender Härte und abnehmender Geschmeidigkeit. Das sehr graue, besonders das in den Hohenöfen bei Koaks erblasene graue Roheisen, erleidet diese Veränderungen am wenigsten.

Fassen wir diese Erscheinungen beim anhaltenden Glühen und darauf folgenden plötzlichen oder langsamen Erkalten des Stabeisens, des Stahls und des Roheisens, zusammen; so wird schon daraus einleuchtend, daſs das Hervortreten der dunklen Farbe und die damit verbundene Weichheit und gröſsere Geschmeidigkeit, eben so wenig einem zunehmenden Kohlegehalt, als das Hervortreten der lichteren Farbe und die damit verbundene gröſsere Härte und verminderte Geschmeidigkeit, einem abnehmenden Kohlegehalt des Eisens zugeschrieben werden können. Wohl aber werden wir auf ein verändertes Mischungsverhältniſs der Kohle mit dem Eisen schlieſsen und zugeben müssen, daſs sich die Kohle beim langsamen Erkalten vom Eisen abzuscheiden strebt, wogegen sie beim schnellen Erkalten mit demselben verbunden bleibt. Diese Beweglichkeit der Kohle in der Verbindung mit Eisen, vermöge welcher sie sich beim Erkalten der erhitzten Mischung, wieder vom Eisen zu trennen strebt, kann nicht auffallender und mehr befremdend seyn, als es die Aufnahme der Kohle durch das Eisen in der Weiſsglühhitze selbst ist. Wir sehen hier eine Verbindung von zwei Metallen sich bilden, von denen sich keins im flüssigen Zustande befindet, die beide, ohne Luftzutritt, im höchsten Grade feuerbeständig sind, und von denen das eine ausserordentlich strengflüssig, das andere aber vielleicht ganz unschmelzbar ist.

II. Erscheinungen beim Schmelzen.

Cementstahl in verschlossenen Tiegeln, mit oder ohne Glasdecke, geschmolzen und im Tiegel selbst höchst langsam erkaltet, erlangt eine ungleich gröſsere Weichheit als vor dem Umschmelzen, und verdunkelt dabei seine Farbe, die jetzt graublau erscheint. Die blaue Farbe wird um so mehr durch einen grauen Schimmer verunreinigt, je härter der Cementstahl gebrannt, d. h. je anhaltender und in je gröſserer Glühhitze das Stabeisen mit Kohle geglüht worden war. Wird der geschmolzene

Stahl im flüssigen Zustande ausgegossen, so zeigt er dieselben Erscheinungen, welche sich beim Roheisen auffallender und bestimmter nachweisen lassen, in einem ungleich geringeren Grade.

Rohstahl auf dieselbe Weise behandelt, erleidet eine weit geringere Veränderung. In der Farbe und Weichheit des umgeschmolzenen und des nicht geschmolzenen Stahls, lassen sich keine Verschiedenheiten bemerken, nur das Gefüge ist durch das Umschmelzen etwas gröber geworden.

Graues Roheisen, bei Holzkohlen erblasen, im Thontiegel geschmolzen und langsam erkaltet, bleibt weich, behält die dem grauen Roheisen eigenthümliche Geschmeidigkeit und erleidet keine andere Veränderung, als dafs es ein feinkörnigeres Gefüge annimmt. Beim Schmelzen im Kohlentiegel bleibt auch häufig das Gefüge unverändert. Erfolgt die Schmelzung mit einem Zusatz von Kohle — von ausgeglühetem Kiehnrufs — und unter einer Kiehnrufsdecke, so erhält der Regulus, bei einem sehr langsamen Erkalten, einen hohen Grad von Weichheit und Geschmeidigkeit, nimmt in unbestimmten Verhältnissen am Gewicht zu und zeigt sich mit einem sehr groben, körnigen Gefüge, von dunkel schwarzgrauer Farbe. Die Oberfläche ist mit Graphitblättchen überzogen, welche sich auch auf der Bruchfläche deutlich bemerken lassen.

Wird dies im Thontiegel geschmolzene graue Roheisen durch Ausgiefsen in feuchte Sandformen, oder in eiserne Formen, oder in kaltes Wasser, schnell zum Erstarren gebracht, so verwandelt es sich in hartes, weifses und sprödes Roheisen, und zwar um so vollständiger, je weniger der zum Flüssigwerden des Eisens erforderliche Hitzgrad überschritten war und je plötzlicher die Erstarrung erfolgte. Bei dicken Massen sind die äufseren Ränder schon ganz in weifses Roheisen umgeändert, während der innere Kern, welcher am langsamsten erstarrte, noch ganz graues Roheisen seyn kann und die mittlere Masse, zwischen dem Rand und dem Kern, aus einem Gemenge von weifsem und grauem Roheisen besteht. Läfst man graues Holzkohlenroheisen, in sehr dicken Massen, bis zu dem Grade erkalten, dafs die Oberfläche kaum noch braunrothglühend erscheint und beschleunigt dann das Erkalten dadurch, dafs man die ganze Masse in kaltes Wasser wirft; so zeigt sich auf der Bruchfläche des erkalteten Roheisens die umgekehrte Erscheinung, indem

sich der innere Kern in weifses Roheisen umgeändert hat, während die äufsere Masse aus grauem Roheisen besteht. Der Kern war nemlich bei dem langsamen Erkalten der dicken Roheisenmasse noch nicht erkaltet und ward durch das Ablöschen im Wasser plötzlich zum Erstarren gebracht.

Das im Kohlentiegel umgeschmolzene graue Roheisen zeigt beim Ausgiefsen ganz dieselben Erscheinungen wie das im Thontiegel umgeschmolzene. Bei dem mit Zusatz von Kohle geschmolzenen Roheisen bedarf es eines noch geringeren Grades von Abkühlung, um es gänzlich in weifses Roheisen umzuändern. Bei der Anwendung des mit Zusatz von Kohle geschmolzenen Roheisens, werden sich dieselben Formen mit ganz weifsem, hartem und sprödem Roheisen füllen, aus denen man von dem ohne Kohlenzusatz umgeschmolzenen grauen Roheisen, zuweilen noch eine ganz graue, oder höchstens eine aus einem Gemenge von grauem und weifsem, oder aus sogenanntem halbirtem Roheisen bestehende Eisenmasse erhalten haben würde.

Graues Holzkohlenroheisen welches in Schachtöfen, mit Kohlen geschichtet, vor dem Gebläse niedergeschmolzen wird, bekommt eine weifsere Farbe und erhält eine ungleich gröfsere Härte und Sprödigkeit als vor dem Umschmelzen. — Beim Umschmelzen auf dem Flammofenheerde, ohne Kohlenzusatz, wird die Weichheit des Eisens vermehrt; einer anderen Veränderung scheint es beim l a n g s a m e n Erkalten nicht zu unterliegen. Wird die Erstarrung beschleunigt, so zeigen sich dieselben Erscheinungen wie bei dem in Thontiegeln umgeschmolzenen grauen Holzkohlenroheisen, jedoch in einem um so geringeren Grade, je öfterer das Eisen umgeschmolzen worden ist.

Graues Roheisen, bei Koaks und bei einem hitzigen Gange des Ofens geschmolzen, zeigt beim Umschmelzen in Thon- und Kohlentiegeln, mit oder ohne Zusatz von Kohle, und beim langsamen Erstarren, dieselben Erscheinungen, wie das graue Holzkohlenroheisen, nur dafs es bei einem Zusatz von Kohle mehr am Gewicht zunimmt als dieses. Beim Ausgiefsen und plötzlichen Erkalten findet eine sehr bedeutende Verschiedenheit zwischen beiden Roheisenarten statt. Das graue Koaksroheisen ändert Farbe, Weichheit und Gefüge nur sehr schwer und wird selbst durch das Granuliren, oder durch das Ausgiefsen der geschmol-

zenen Masse in kaltes Wasser, nur unvollständig in weifses Roheisen umgeändert. Wird es mit Kohle und unter einer Kohlendecke im Tiegel geschmolzen und anhaltend im Flusse erhalten, so nähert es sich in seinem Verhalten dem mit Kohle umgeschmolzenen grauen Holzkohlenroheisen, d. h. es erstarrt leichter zu weifsem Roheisen.

Beim Umschmelzen in Schachtöfen, vor dem Gebläse und mit Kohlen geschichtet, verliert das Koaksroheisen nur wenig von seiner Weichheit und Geschmeidigkeit. — Auf dem Flammofenheerde umgeschmolzen, verhält es sich noch weicher und zäher als vor dem Umschmelzen. Das graue Koaksroheisen erleidet daher, unter allen Verhältnissen, durch einen schnellen Wechsel der Temperatur, eine geringere Veränderung in seinem Mischungsverhältnifs, als das graue Holzkohlenroheisen; beide nähern sich in ihrem Verhalten nur dann, wenn sie im Tiegel mit einem Kohlenzusatz geschmolzen und unter der Kohlendecke einige Zeit flüssig erhalten würden.

Weifses, ganz hartes und durchaus sprödes Roheisen, welches bei einem noch nicht eigentlich übersetzten Gange des Hohenofens erblasen ist, verhält sich, beim Umschmelzen in Tiegeln und höchst langsamen Erkalten, eben so wie das mit Zusatz von Kohle in Tiegeln umgeschmolzene graue Roheisen. Es bildet nämlich einen weichen, grauen und geschmeidigen Regulus, bei welchem sich aber, durch Zusatz von Kohle beim Schmelzen, keine Gewichtszunahme bemerken läfst, wenn das zum Umschmelzen angewendete weifse Roheisen nicht mit halbirtem Roheisen gemengt, oder wenn es nicht bei einem schon übersetzten Gange des Hohenofens erblasen war. Läfst man das geschmolzene Eisen nicht höchst langsam im Tiegel erstarren, so ändert es sich sehr bald, ganz oder theilweise, in weifses Roheisen um. Schon der Zutritt von kalter Luft zu dem nicht gehörig geschlossenen Tiegel, kann diese Veränderung bei dem manganhaltigen und deshalb leichtflüssigeren Roheisen, wenigstens an der Oberfläche des Regulus, hervorbringen. Beim Ausgiefsen der flüssigen Masse, würde die zur Aufnahme derselben bestimmte Form, stark erwärmt seyn müssen, um den Übergang der ganzen Masse in weifses Roheisen zu verhindern. Aber auch selbst bei dieser Vorsichtsmaafsregel wird man immer nur ein Gemenge von weifsem und grauem Roheisen, in welchem das erstere vorwaltend ist, erhalten.

Im Schachtofen, mit Kohlen geschichtet, läſst sich dies weiſse Roheisen vor dem Gebläse nicht ohne groſsen Gewichts-Verlust niederschmelzen, und die wirklich geschmolzene Masse besitzt alle Eigenschaften des zum Schmelzen angewendeten weiſsen Roheisens. — Wird das weiſse Roheisen auf dem Heerde des Flammofens in starker und rasch erfolgender Hitze zum Schmelzen gebracht, so behält es seine Eigenschaften; wird es aber in dieser Hitze sehr lange erhalten, so verdunkelt sich die Farbe und es treten Weichheit und Geschmeidigkeit der Masse nach dem Erkalten immer bemerkbarer hervor, so wie die Härte und die Sprödigkeit durch schnelleres Erstarren alsdann immer mehr abnehmen.

Das bei einem übersetzten Gange des Hohenofens dargestellte weiſse Roheisen, verhält sich, beim Umschmelzen in Tiegeln, eben so wie das weiſse Roheisen, welches durch plötzliches Erstarren des grauen Roheisens von einem hitzigen Gange des Holzkohlenhohenofens, erhalten worden ist. Es bildet nemlich, beim langsamen Erkalten, einen grauen, weichen und geschmeidigen Regulus mit feinkörnigem Gefüge und ändert sich, durch schnellen Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand, nicht so leicht in weiſses Roheisen um, als das umgeschmolzene weiſse Roheisen, welches bei einem nicht übersetzten Gange des Ofens erhalten wird.

Die Schlüsse welche sich aus diesen Erscheinungen beim Erstarren des geschmolzenen kohlehaltigen Eisens ziehen lassen, liegen noch deutlicher vor Augen, als die Folgerungen zu welchen die Erscheinungen beim Glühen führen muſsten. Das geschmolzene und noch flüssige kohlehaltige Eisen stellt eine Masse dar, in welcher sich das Kohlenmetall, ohne ein bestimmtes Mischungsverhältniſs zu beobachten, in dem metallischen Eisen aufgelöset befindet. Bei einem schnellen Erstarren können sich Verbindungen mit bestimmten Mischungsverhältnissen nicht ausbilden, und die ganze Masse erkaltet zu einem weiſsen, harten und spröden Körper. Je reicher das Eisen an Kohle ist, desto weniger läſst sich das schnelle Erstarren verhindern und desto weiſser, härter und spröder zeigt sich die erstarrte Masse. Je geringer der Kohlegehalt, desto mehr wird das Erstarren verzögert und es tritt nun fast dieselbe Erscheinung ein, welche das durch möglichst langsame Temperaturverminderung aufgehaltene Erstarren hervorbringt. Diese Erscheinung be-

steht aber offenbar darin, dafs sich die Kohle vom Eisen zu trennen strebt, und dafs die Trennung um so vollständiger erfolgt, je langsamer die Erkaltung bewirkt wird. Ein gröfserer Kohlegehalt des Eisens befördert jederzeit die Erstarrung, weshalb das Eisen mit geringerem Kohlegehalt, unter gleichen Umständen, noch zu einer weichen, geschmeidigen und dunkel gefärbten Masse erkalten kann, wenn das an Kohle reichere Eisen schon zu einer harten, spröden und weifsen Verbindung erstarren wird. Von den Verhältnissen unter denen das flüssige kohlehaltige Eisen erkaltet, wird es folglich eben so sehr, als von dem Kohlegehalt des Eisens selbst abhängen, ob sich graues und weiches, oder weifses und hartes Roheisen bildet.

III. Erscheinungen beim Auflösen in Säuren.

Es ist hier nur von den Erscheinungen die Rede, welche das kohlehaltige Eisen beim Auflösen in Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure, darbietet. Dafs die quantitative Bestimmung der Kohle, durch die Auflösung des Metallgemisches in Säuren, nicht geschehen kann, so lange es an Mitteln fehlt, die bei dem Prozefs der Auflösung sich bildenden neuen Verbindungen der Kohle zu sammeln, und so lange die Zusammensetzung dieser Verbindungen selbst noch unbekannt ist, bedarf keiner Erwähnung. Auch ist es längst bekannt, dafs manche Eisenarten von der Salzsäure ohne allen Rückstand aufgelöset werden, welche bei der Auflösung in Schwefelsäure, und besonders in Salpetersäure, noch bedeutende Rückstände hinterlassen. Wenn sich daher der ganze Kohlegehalt des kohlehaltigen Eisens, beim Auflösen des letzteren in Salzsäure, in Verbindung mit Wasserstoff gasförmig entwickelte, so würde sich aus der Analyse des Gases die Menge der Kohle, zwar nicht ohne grofse Schwierigkeit, aber doch wenigstens mit einiger Zuverlässigkeit bestimmen lassen; allein es entbindet sich zugleich ein übel riechendes Öl, dessen Zusammensetzung nicht bekannt und dessen Menge nicht mit Genauigkeit auszumitteln ist. Bei der Anwendung von Schwefelsäure bieten sich ähnliche Schwierigkeiten dar, und die Salpetersäure verwandelt, bald den ganzen Kohlegehalt des Eisens, bald einen Theil desselben, in ein röthlichbraunes Pulver von unbekannter Zusammen-

setzung, welches theilweise in der Säure aufgelöset bleibt. Die Bestimmung des Kohlegehalts durch schwefligte Säure, welche Vauquelin empfohlen hat, scheint noch schwieriger zu seyn, weil sich zugleich Schwefeleisen bildet. Auch die Behandlung des kohlehaltigen Eisens mit schwefelsaurem Eisenoxyd und mit salzsaurem Eisenoxyd, um die Entwickelung des Wasserstoffgases und den daraus entspringenden Kohleverlust zu vermeiden, führt nicht zum Zweck, weil die Auflösung höchst langsam und unvollständig, und bei vielen Eisenarten gar nicht erfolgt, und weil sich, ungeachtet der Anwendung verschlossener Auflösungsgefäfse, sehr leicht ein basisches Salz abscheidet.

Obgleich also die Auflösung des Eisens in Säuren nicht dahin führt, das quantitative Verhältnifs der Kohle zu bestimmen, so werden doch die bei dem Prozefs der Auflösung sich darbietenden Erscheinungen, dazu dienen können, einigermafsen den Zustand zu beurtheilen, in welchem sich die Kohle mit dem Eisen in den verschiedenen Eisenarten vereinigt befindet.

Stabeisen löset sich in verdünnter Salzsäure und in stark verdünnter Schwefelsäure langsam auf und hinterläfst einen geringen graphitischen Rückstand, welcher, nach dem Aussüfsen und Trocknen, vom Magnet gezogen wird, und beim Glühen im offenen Platintiegel rothes Eisenoxyd zurückläfst. Durch längeres Liegen in den verdünnten Säuren, ändert sich diese graphitische Substanz in schwarzbraune, dem Magnet nicht mehr folgsame Kohle um, und Salpetersäure verwandelt sie sehr bald in ein braunrothes Pulver, welches sich, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, noch vor dem Glühen verbrennen läfst.

Jn koncentrirter Salzsäure löset sich das Stabeisen ohne allen Rückstand auf und starke Schwefelsäure hinterläfst nur Spuren von schwarzbrauner Kohle. Bei der Anwendung von Salpetersäure bleibt röthlichbraun gefärbte Kohle zurück, welche sich, durch Erhitzen der Flüssigkeit, sehr schnell und fast immer ganz vollständig auflöset und die Auflösung braun färbt.

Cementstahl, so wie er aus dem Cementirofen genommen wird, verhält sich mit verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure ganz so wie das Stabeisen, nur bleibt in sichtbar gröfserer Menge graphitische Substanz zurück. Koncentrirte Salzsäure giebt gar keinen Rückstand. Starke

Schwefelsäure (aus 1 Theil koncentrirter Säure und $2\frac{1}{2}$ Theilen Wasser) löset den Stahl sehr schnell auf und es fallen dabei Graphitblättchen ab, welche sich bald in schwarzbraune Kohle umändern. Wird die Flüssigkeit schnell von dem noch nicht völlig aufgelöseten Stahl abgegossen, ehe die Graphitblättchen gänzlich in Kohle umgeändert sind, und wird die schon entstandene Kohle durch Ätzkali weggenommen, worin sie sich mit dunkelbrauner, fast schwarzer Farbe auflöset, so lassen sich die Graphitblättchen ziemlich rein darstellen. Sie haben ein metallisches Ansehen, welches sie, unter Wasser aufbewahrt, behalten, aber bei der Einwirkung der Luft bald verlieren. Vom Magnet werden sie angezogen, hinterlassen beim Verbrennen im offenen Platintiegel rothes Eisenoxyd und erleiden durch koncentrirte Salzsäure die oben bemerkten Veränderungen.

Koncentrirte Salpetersäure löset den Cementstahl sehr schnell und unter heftiger Entwickelung von Salpetergas auf. Die Auflösung färbt sich stark braunroth, indem die beim Auflösen abfallenden Graphitblättchen in röthlichbraune Kohle umgeändert und zum grofsen Theil von der Säure aufgelöset werden. Aus der Auflösung des Cementstahls in koncentrirter Salpetersäure, läfst sich die graphitische Verbindung, auf die vorhin angegebene Weise, in gröfserer Quantität als bei der Anwendung von starker Schwefelsäure darstellen. Hundert Theile dieser Verbindung hinterlassen, nach anhaltendem Kalciniren im offenen Platintiegel, zwei und achtzig bis vier und neunzig Theile rothes Eisenoxyd. Wird, statt der koncentrirten, sehr verdünnte Salpetersäure angewendet, so erfolgt die Auflösung des Cementstahls langsamer und es scheiden sich keine Graphitblättchen ab, sondern es bleibt blofs röthlichbraune, vom Magnet nicht anziehbare Kohle zurück, welche noch vor dem Glühen im Platintiegel explodirend verbrennt. Eben so wenig lassen sich die Graphitblättchen, in abscheidbarer Menge, durch Auflösen des Cementstahls in koncentrirter Salpetersäure darstellen, wenn der Stahl durch anhaltendes kaltes Hämmern vorher ein dichteres Gefüge erhalten hat.

Fast eben so wie der Cementstahl, verhält sich auch der langsam erkaltete Gufsstahl, bei der Einwirkung der Säuren. Der einzige Unterschied besteht darin, dafs die Auflösung in Salpetersäure langsamer erfolgt und dafs die Graphitblättchen fast in dem Augenblick wie sie ab-

fallen, schon in röthlichbraune Kohle verwandelt werden, so dafs es schwer ist, sie abzuscheiden, oder sie ohne eine bereits erlittene Veränderung zu erhalten. Hat der Gufsstahl durch Schmieden ein dichteres Gefüge bekommen, so läfst sich die graphitische Masse durch Salpetersäure gar nicht mehr darstellen, weil die Umänderung in röthlichbraune Kohle schon vor der Abtrennung von der aufzulösenden Stahlmasse statt findet. Die Flüssigkeit wird trübe, fast undurchsichtig, und bekommt eine dunkelrothe Farbe mit einem Stich ins Violette. Auf dem Boden des Auflösungsgefäfses setzt sich ein braunrothes Pulver ab, welches in dem Verhältnifs an Menge zunimmt, als sich die Flüssigkeit durch Ruhe klärt. Ein grofser Theil der Kohle bleibt aber aufgelöset und ertheilt der Säure eine dunkelrothe Farbe. Wird der pulvrige Rückstand aufs Filtrum genommen und ausgesüfst, so behalten die Aussüfswasser fast ohne Aufhören eine bräunlichgelbe Farbe. Das Pulver hängt sehr fest am Filtrum und verbrennt, schon vor dem Rothglühen, mit Explosionen. — Auch in verdünnter Salzsäure löset sich der gehämmerte Gufsstahl ungleich langsamer auf als der rohe Cementstahl. Die zurückbleibende graphitische Masse ist daher mit schwarzbrauner Kohle stark verunreinigt, so dafs es nicht möglich ist, sie rein, und ohne bereits eine Zersetzung erlitten zu haben, darzustellen.

Der weiche, nicht gehärtete Rohstahl, der daraus bereitete, langsam erkaltete Gufsstahl, und das, durch anhaltendes Glühen, in graues und weiches Roheisen umgeänderte weifse Roheisen, zeigen beim Auflösen in Säuren ganz genau dieselben Erscheinungen, wie der aus Cementstahl bereitete, langsam erkaltete und durch Hämmern zu einem dichteren Gefüge gebrachte Gufsstahl. Das Ablösen von Graphitblättchen ist kaum noch bemerkbar, weil sie sogleich in die röthlichbraune Substanz umgeändert werden.

Alle Arten von gehärtetem Stahl verhalten sich gegen die Säuren auf gleiche Weise, und dies Verhalten ist von dem Grade der Härtung abhängig, welche der Stahl erhalten hatte. Je unvollkommener der Stahl gehärtet ist, desto mehr nähern sich die Erscheinungen beim Auflösen in Säuren, denen, welche der ungehärtete Stahl darbietet. Stahl welcher den höchsten Grad von Härte erhalten hat, den er anzunehmen fähig ist, löset sich in verdünnten Säuren aufserordentlich schwer und unge-

mein langsam auf. In verdünnter Salzsäure bedeckt er sich nach einigen Tagen mit einem schwarzen Staube und die Auflösung schreitet in einer Zeit von mehreren Wochen so wenig vor, dafs sie vielleicht erst nach vielen Monathen vollständig erfolgen dürfte. Wird der schwarze Staub mit Sorgfalt weggenommen und von den anhängenden unaufgelöset gebliebenen Eisentheilen, durch längeres Liegen in verdünnter Salzsäure, befreit, so verhält er sich wie Kohle und verbrennt ohne Rückstand, ändert sich aber durch Behandlung mit Salpetersäure, in das ofterwähnte röthlichbraune Pulver um.

Verdünnte Schwefelsäure bewirkt einen etwas schnelleren Angrif, welcher mit denselben Erscheinungen wie bei der Anwendung von verdünnter Salzsäure verbunden ist. Jn starker Salzsäure erfolgt die Auflösung beim Digeriren, und noch schneller in der Siedhitze, ganz vollständig. Es entwickelt sich Wasserstoffgas mit dem eigenthümlichen Geruch, welcher beim Auflösen aller Eisenarten in Salz- und Schwefelsäure jederzeit zu bemerken ist, und es bleibt nicht die geringste Spur von Kohle zurück. Starke Schwefelsäure bietet zwar ganz ähnliche Erscheinungen dar, allein es bleibt immer noch ein mehr oder minder bedeutender Rückstand von schwarzer Kohle.

Verdünnte Salpetersäure wirkt ebenfalls sehr langsam. Wendet man Salpetersäure an von 1,3 specifischem Gewicht, so färbt sich die Flüssigkeit in der gewöhnlichen Temperatur, unter sparsamer Entwickelung von Salpetergas, nach und nach braunroth, bleibt aber immer klar und helle. Von dem Stahl lösen sich, so wie die Einwirkung der Säure vorschreitet, schwarze Flocken mit metallischem Glanz ab, welche nicht magnetisch sind, vom Ätzkali mit dunkelschwarzer Farbe aufgelöset werden und im Platintiegel, ohne einen Rückstand von Eisenoxyd zu hinterlassen, detonirend verbrennen. Bei längerer Einwirkung der Säure verwandeln sich die schwarzen metallischen Flocken in bräunlichrothes Pulver. Alle diese Erscheinungen treten schneller und mit starker Schaumbildung ein, wenn die Wirkung der Säure durch Siedhitze unterstützt wird. Das von der Umwandlung der schwarzen metallischen Substanz in das röthlichbraune Pulver herrührende Aufschäumen, ist so stark, dafs die Flüssigkeit in einer heftig kochenden Bewegung zu seyn scheint. Ein Theil des röthlichbraunen Pulvers wird von der Säure auf-

genommen, ein anderer Theil bleibt unaufgelöset zurück und verbrennt detonirend, ohne Rückstand von Eisenoxyd.

Das weifse Roheisen zeigt ein mit dem gehärteten Stahl durchaus übereinstimmendes Verhalten, nur sind die Erscheinungen noch auffallender. Verdünnte Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure wirken fast gar nicht mehr auf dieses Eisen, und erst nach Verlauf von mehreren Wochen, findet sich das weifse Roheisen mit einem schwarzen Staube bedeckt. Starke Salzsäure, von der Siedhitze unterstützt, bewirkt eine vollständige Auflösung, ohne allen Rückstand. Schwefelsäure hinterläfst, unter denselben Umständen, etwas Kohle von schwarzer Farbe und metallischem Ansehen. Salpetersäure scheidet in der gewöhnlichen Temperatur schwarze Flocken ab, welche durch langes Liegen in der Säure braunroth gefärbt werden. In der Siedhitze tritt ein heftiges Aufschäumen ein, begleitet von den so eben angeführten Erscheinungen.

Ganz abweichend ist das Verhalten des grauen Roheisens zu den Säuren. Verdünnte Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure wirken nur sehr langsam und geben, nach Verlauf von mehreren Monathen, einen Rückstand, welcher die Kohle in einem sehr verschiedenen Zustande enthält. Ein Theil besteht aus Blättchen oder Schuppen, mit vollkommen metallischem Ansehen und starkem Glanz. Diese widerstehen allen Einwirkungen der Säuren und Alkalien, werden vom Magnet durchaus nicht gezogen, und verbrennen beim Glühen im offnen Platintiegel nur äufserst langsam. Schon längst ist dieser Körper als Graphit bekannt. Ein anderer Theil hat zwar auch ein graphitisches Ansehen, ist aber dem Magnet folgsam und verhält sich genau so wie die Rückstände, welche der weiche Stahl mit Säuren giebt. Noch ein anderer Theil endlich hat eine schwarzbraune Farbe, ist nicht magnetisch, färbt die Kalilauge schwarz und verbrennt schon ehe der Tiegel glühend wird. Von diesen drei Körpern fehlt der Graphit niemals, dagegen läfst sich gewöhnlich nur die eine oder die andere von den beiden letzteren Verbindungen in den Rückständen auffinden.

Starke Salzsäure bewirkt eine schnellere Auflösung, welche durch Beihülfe der Wärme noch mehr befördert wird. Das sich entwickelnde Wasserstoffgas reifst dabei mechanisch Graphit mit sich fort. Der Rückstand enthält die Kohle in keinem andern Zustande als in dem

des Graphits, aber niemals kann das graue Roheisen ohne diesen Rückstand in Salzsäure aufgelöset werden. Starke Schwefelsäure, unter denselben Umständen zur Auflösung angewendet, läfst, ausser dem Graphit, auch noch schwarze, leicht verbrennliche und dem Magnet nicht folgsame Kohle zurück.

Salpetersäure von 1,5 specifischem Gewicht, wirkt in der gewöhnlichen Temperatur nicht stark auf das graue Roheisen. Es bieten sich dabei Erscheinungen dar, die bald mit denen übereinzustimmen scheinen, welche der weiche Stahl gab, bald mit denen, welche sich beim Auflösen des harten Stahls zeigten. Jene treten ein, bei den am dunkelsten gefärbten und bei den weichsten und geschmeidigsten Arten des grauen Roheisens; diese bei den etwas leichteren und zugleich weniger weichen und geschmeidigen Abarten desselben. Die Einwirkung der Säure findet scheinbar nicht ununterbrochen statt, sondern die Auflösung scheint von Zeit zu Zeit ganz aufzuhören, stellt sich dann aber, bei der Ablösung eines Graphitblättchens, mit sehr grofser Heftigkeit wieder ein. Eben diese Erscheinung zeigt sich auch in einer, bis zum Siedepunkt erhöheten Temperatur, und jedesmal ist das heftige Fortschreiten der Auflösung, welches indefs nur mehrere Sekunden fortdauert, mit der Abtrennung eines Graphitblättchens verbunden; so dafs der Graphit ganz deutlich als ein mechanisches Hindernifs wirkt, indem er das Eisen gegen den Angriff der Säure schützt und dadurch die Auflösung so sehr erschwert, dafs sie in der gewöhnlichen Temperatur erst nach mehreren Wochen, und in der Siedhitze erst nach Verlauf mehrerer Stunden, vollständig erfolgen kann. Die Färbung der Säure beweifst, dafs ein Theil von dem Kohlegehalt des Eisens mit aufgelöset worden ist; der Rückstand besteht nur selten aus reinem Graphit, fast immer aus Graphit mit mehr oder weniger zu einem braunen Pulver veränderter Kohle.

Um diese Erscheinungen beim Auflösen der verschiedenen Eisenarten in Säuren richtig erklären zu können, ist es nothwendig, die Natur der Substanzen auszumitteln, welche sich während des Auflösungs-Prozesses abscheiden. Der Graphit läfst sich, vermöge seiner Unauflöfslichkeit in Säuren und Alkalien, ganz rein darstellen. In starker Glühhitze und beim Zutritt der Luft, verflüchtiget er sich langsam, ohne irgend einen Rückstand zu hinterlassen. Um achtzehn Gran Graphit unter

der Muffel eines Probirofens zu verflüchtigen, bedurfte es einer Zeit von vier Stunden, obgleich die Muffel ununterbrochen weifsglühend erhalten ward. Diese ziemlich bedeutende Quantität Graphit hinterliefs auf dem Platinblech, auf welchem derselbe ausgebreitet war, um der erhitzten Luft eine gröfsere Oberfläche darzubieten, nur eine Spur von weifser, völlig farbenloser Kieselerde, welche der Wirkung des Aetzkali entgangen war. Der Graphit nimmt bei diesem Glühen nach und nach an Umfang ab und verschwindet zuletzt, ohne dafs die geringste Flammenbildung zu bemerken wäre. Wird der Verbrennungsprozefs unterbrochen, so zeigt sich zwischen dem schon kalcinirten und dem noch nicht kalcinirten Graphit nur der Unterschied, dafs die Blättchen des ersteren, gegen das Licht gehalten, an manchen Stellen durchscheinend geworden sind und eine eigenthümliche fasrige Struktur zeigen, wovon bei dem nicht kalcinirten Graphit nichts zu bemerken ist.

Mit Salpeter geschmolzen, bringt der Graphit kein lebhaftes Verpuffen hervor, sondern er wird langsam verzehrt und das zurückgebliebene Salz ohne Rückstand vom Wasser aufgelöset. Schwefelsaures Kali durch Graphit in Schwefelkali umzuändern, hat mir nicht gelingen wollen.

Der Graphit im grauen Roheisen ist folglich nicht, wofür er gehalten worden, eine Verbindung von Kohle mit Eisen, sondern ganz reine Kohle, oder die metallische Grundlage derselben. Ob der natürliche Graphit auch ein reines Kohlenmetall, oder wirklich eine Verbindung von Kohle mit Eisen ist, wird noch genauer zu untersuchen seyn.

Nicht so leicht ist es, die Zusammensetzung der Verbindung zu bestimmen, welche sich beim Auflösen des weichen Stahls in Säuren, entweder in Gestalt von graphitartigen Blättchen abscheidet, oder auch als eine graphitartige Masse zurückbleibt. Nur unter günstigen Umständen läfst sie sich, in kleinen Quantitäten, von dem noch nicht aufgelöseten Stahl trennen, und auch dann ist sie noch mit mehr oder weniger zersetzter Kohle verunreinigt. Obgleich die letztere durch Ätzkali abgeschieden werden kann, so ist doch nicht zu behaupten, dafs die Abscheidung vollständig erfolgt wäre. Auch die Verminderung des metallischen Glanzes, beim Trocknen der auf dem Filtro gesammelten und ausgesüfsten graphitischen Substanz in der Wassersiedhitze, deutet auf

eine schon begonnene Zersetzung, wodurch die Bestimmung des quantitativen Verhältnisses der Kohle und des Eisens, in der nicht zersetzten Verbindung, ungewifs wird. Die graphitartige Masse, welche beim Auflösen des weichen Stahls in verdünnter Schwefelsäure zurück bleibt, eignet sich nicht dazu, die Zusammensetzung dieser Verbindung auszumitteln, weil sie sich in diesen Rückständen schon in einem gröfstentheils zersetzten Zustande befindet. Am besten läfst sich diese durch Säuren so leicht zu zersetzende Verbindung, auf die schon angegebene Weise, aus dem Cementstahl darstellen. Mit aller Sorgfalt angestellte Versuche haben aber immer sehr abweichende Resultate gegeben, indem die Menge des, beim anhaltenden Kalziniren der Graphitblättchen zurückbleibenden rothen Eisenoxyds, von 82 bis 94 Prozent differirte. Es würde diese Substanz mit einer Verbindung aus 40 Kohle und 60 Eisen am mehrsten übereinstimmen, folglich ein Sechskarburet, nemlich eine Verbindung aus sechs Mischungsgewichten Kohle mit einem Mischungsgewicht Eisen seyn müssen. Eine solche Verbindung hinterläfst beim Kalziniren 86,5 Prozent Eisenoxyd, welcher Erfolg mit den gefundenen Resultaten, bei der Schwierigkeit die Verbindung rein zu erhalten, ziemlich übereinstimmend erscheinen würde, wenn sich nur überall der Zweifel, ob man es wirklich mit einer nicht schon zersetzten chemischen Verbindung zu thun habe, genügend beseitigen liefse. Sollte sich aber bei künftigen genaueren Untersuchungen zeigen, dafs die aufgefundene Verbindung kein Sechskarburet, sondern ein in einem anderen Verhältnifs zusammengesetztes Karburet wäre; so ergiebt sich doch unläugbar das Vorhandenseyn einer solchen, aus mehreren Mischungsgewichten Kohle mit einem Mischungsgewicht Eisen zusammengesetzten Verbindung, im Stabeisen, im weichen Stahl, in dem stark geglüheten und dadurch zu einer grauen und weichen Eisenmasse umgeänderten weifsen Roheisen, so wie in den grauesten und weichsten Abarten des grauen Roheisens.

Das schon oben bemerkte Verhalten der Kohle, sich beim langsamen Erkalten des stark erhitzten, oder des geschmolzenen kohlehaltigen Eisens, vom Eisen zu trennen, wird daher durch den Erfolg beim Auflösen der verschiedenen Eisenarten in Säuren, bestätigt. Nur das graue Roheisen enthält ungebundene Kohle, welche, in diesem Zustande, der

Einwirkung der Säuren widersteht und an den Veränderungen, welche das Eisen durch die Wirkungen der Säuren erleidet, nicht weiter Theil nimmt, als dafs sie auf mechanische Weise den Angrif schwächt. Beim plötzlichen Erstarren des Eisens kann das Bestreben der Kohle, sich zu isoliren, nicht wirklich eintreten, sondern alle vorhandene Kohle bleibt mit der ganzen Masse des Eisens zu einer homogenen Mischung vereinigt. Indem sie in diesem Zustande das mit ihr verbundene Eisen der Einwirkung der Säure zu entziehen sucht, nimmt sie an den Veränderungen Theil, welche das Eisen durch Säuren erleidet, d. h., sie wird entweder gasförmig in Verbindung mit Wasserstoff verflüchtigt; oder sie nimmt Wasserstoff, Sauerstoff und wahrscheinlich auch noch andere Stoffe auf und bildet eine ölartige Flüssigkeit; oder sie bleibt als eine leicht brennbare schwarze Substanz zurück, welche ihren Metallglanz fast gänzlich verloren hat. In einem ganz andern Zustande des Gebundenseyns findet sich die Kohle in dem weichen Stahl und zum Theil in dem grauen Roheisen. Hier ist sie nicht mit der ganzen Masse des vorhandenen Eisens, sondern nur mit einem Theil desselben, zu einer Verbindung nach bestimmten chemischen Mischungsverhältnissen vereinigt und diese Verbindung befindet sich in der übrigen Masse des Eisens aufgelöset. Die Wirkung der Säuren kann daher zwar schneller als bei dem weifsen Roheisen und hartem Stahl erfolgen; allein sie wird sich auch um so kräftiger auf die Kohle äufsern, weil sie nur an einer geringen Quantität Eisen chemisch gebunden ist. Die Salpetersäure verwandelt die Kohle daher bei den weichen Eisenarten schon in ein röthlichbraunes Pulver, wenn sich ihre Wirkung bei den harten Eisenarten zunächst nur darauf erstreckt, die Kohle als eine schwarze Substanz abzuscheiden, welche erst bei der fortgesetzten Einwirkung der Säure, in jenes röthlichbraune Pulver, umgeändert wird.

Der Zustand in welchem sich die Kohle im kohlehaltigen Eisen befindet, ist also unläugbar ein dreifacher, indem sie theils im ungebundenen Zustande, als Graphit, vom Eisen aufgenommen wird, theils mit der ganzen Masse des Eisens verbunden, theils endlich mit einer gewissen Quantität Eisen zu einer bestimmten chemischen Verbindung vereinigt ist und von der anderen überwiegenden Quantität Eisen, welche an jener Verbindung keinen unmittelbaren Antheil nimmt, aufgelöset gehalten

wird. Von der Menge der Kohle ist der Grad der Weichheit des Eisens niemals abhängig, sondern dieser wird blos durch das bestimmtere Hervortreten der Kohle bedingt, sey es als freie ungebundene Kohle (als Graphit) oder als ein Polykarburet, wenn es erlaubt ist, sich dieses Ausdrucks zu bedienen. Die Geschmeidigkeit in der gewöhnlichen Temperatur, scheint mit der Weichheit im Verhältnifs zu stehen; in der Glühhitze werden aber neue Verbindungen eingeleitet, welche die Zusammensetzung auf mannigfache Weise verändern. Das graue, weiche und in gewöhnlicher Temperatur ungemein geschmeidige Roheisen, verliert, wenn es im glühenden Zustande unter dem Hammer bearbeitet wird, die Geschmeidigkeit um so mehr, je höher der Grad von Hitze ist, in welchen es versetzt worden war. Wirklich zeigt auch die Analyse, dafs das in der Glühhitze gehämmerte graue Roheisen weniger Graphit und ungleich mehr gebundene Kohle enthält, als vor dem Glühen. Die Schläge des Hammers bewirken eine plötzliche Erstarrung, wodurch die Bildung des harten und spröden Eisens befördert wird. Dies ist auch der Grund, warum die Geschmeidigkeit des Eisens in den erhöheten Temperaturen, durch die Quantität der Kohle bedingt wird. In der gewöhnlichen Temperatur würde das graueste Roheisen denselben Grad der Geschmeigkeit wie das reinste und weichste Stabeisen besitzen müssen, wenn der Graphit nicht als ein mechanisches Hindernifs wirkte. In wiefern die Festigkeit des kohlehaltigen Eisens mehr oder weniger von dem Zustande abhängt, in welchem sich die Kohle mit dem Eisen verbunden befindet, darüber fehlt es durchaus an Erfahrungen. Das graueste Roheisen besitzt den höchsten Grad der Weichheit, aber vielleicht nicht den höchsten Grad der relativen Festigkeit, weil der Graphit abermals auf mechanische Weise der genauen Verbindung der Eisentheilchen hinderlich ist. Das weifseste Roheisen besitzt den höchsten Grad der Härte, wodurch sich aber nothwendig die relative Festigkeit vermindert. Es könnte wohl seyn, dafs ein Gemenge von beiden Eisenarten dasjenige Roheisen geben wird, welches, mit Verlust der gröfsten Weichheit auf der einen, und der gröfsten Härte auf der andern Seite, die gröfste relative Festigkeit besitzt.

Fragt man nach der Ursache, warum sich die Kohle, beim langsamen Erkalten des kohlehaltigen Eisens, nicht jederzeit als reines Metall

abtrennt, oder warum sich, in dem flüssig gewesenen und langsam erstarrten kohlehaltigen Stabeisen und im weichen Stahl, kein Graphit, sondern nur Polykarburet auffinden läfst; so ist eine befriedigende Antwort nicht leicht zu geben. Zunächst würde man wohl zu der Vermuthung geführt werden, dafs der Kohlegehalt des Eisens irgend ein Maximum erreichen müsse, um sich unter vorhandenen günstigen Bedingungen metallisch abzuscheiden, und dafs sich, so lange als jenes Maximum noch nicht erreicht ist, ein Polykarburet bilden werde. Diese Annahme würde das Vorhandenseyn einer bestimmten Verbindung von Polykarburet mit Eisen voraussetzen, welches sich zwar nicht läugnen, aber doch auf keine Art nachweisen läfst, weil durch die Analyse, in vielen Arten des grauen Roheisens, eine geringere Menge von gebundener Kohle aufgefunden wird, als in manchen Arten des weichen Stahls. Mit gröfserer Wahrscheinlichkeit ist anzunehmen, dafs die Abscheidung des Graphit, im ersten Augenblick des Erstarrens, wirklich erfolgt, und dafs sich, in der noch lange anhaltenden Glühhitze, Verbindungen einleiten, welche wir beim fortgesetzten Glühen des Stabeisens mit Kohle entstehen sehen. Weil derselbe Erfolg eintritt, wenn Graphit, oder selbst graues Roheisen, statt der Kohle, beim Cementiren des Stabeisens angewendet werden, so gewinnt jene Annahme um so mehr Wahrscheinlichkeit, als in dem Stabeisen und in dem weichen Stahl ein überwiegendes Verhältnifs des Eisens zur Kohle statt findet, wodurch ein sehr hoher Grad von Hitze zum Flüssigwerden der Masse, folglich auch eine längere Zeit zum langsamen Erstarren derselben erfordert wird; so dafs alle Bedingungen vorhanden sind, um den schon gebildeten und von der überwiegenden Masse des noch weissglühenden Eisens umgebenen Graphit wieder zu zerstöhren. Je mehr der Kohlegehalt des Eisens zunimmt, desto mehr fallen jene Bedingungen weg, indem die Masse schneller erkaltet und der ausgeschiedene Graphit von einer geringeren Menge Eisen umgeben ist.

Wo sich Graphit gebildet hat, kann man mit Zuverlässigkeit auf eine vorhergegangene vollkommene Flüssigkeit der Masse schliefsen. Deshalb scheidet sich auch beim langsamen Erkalten des glühenden, aber nicht bis zum flüssigen Zustande erhitzten harten Eisens, niemals Graphit aus, sondern die Mischung ändert sich in ein Polykarburet um, welches sich mit der übrigen Masse des Eisens verbunden befindet.

Dieser Mischungsveränderung liegt also dieselbe Ursache zum Grunde, welche beim Cementiren des Stabeisens mit Kohle zu Stahl, ganz offenbar und deutlich vor Augen liegt. Der einzige Unterschied besteht darin, dafs beim Cementiren die Kohle von aufsen hinzukommt, wogegen sie beim Glühen des harten Eisens und Stahls von diesem selbst hergegeben wird, um das Polykarburet zu bilden. Ob sich, unter verschiedenen Umständen, Eisenkarburete mit verschiedenen Mischungsgewichten Kohle bilden, oder ob nur e i n solches Karburet, welches ein Sechskarburet zu seyn scheint, vorhanden ist; wird so lange unentschieden bleiben, bis sich Mittel aufgefunden haben werden, die Karburete abzuscheiden, ohne ihre Mischung zu verändern, oder bis man die Karburete im abgesonderten Zustande wird kennen gelernt haben.

Dafs das Eisen, bei einem zu grofsen Kohlegehalt, seine Geschmeidigkeit in den höheren Temperaturen gänzlich verliert, lehrt die tägliche Erfahrung. Fände in der Glühhitze dasselbe Mischungsverhältnifs zwischen dem Eisen und der Kohle statt, wie in der gewöhnlichen Temperatur, so liefse sich kein Grund denken, warum das geschmeidige graue Roheisen, beim Hämmern im glühenden Zustande, seine Geschmeidigkeit nicht behielte, oder warum dieselbe nicht vielmehr noch vermehrt werden sollte. Diese einfache Erfahrung reicht schon hin, den Zustand der Verbindung beider Metalle in der Glühhitze zu beurtheilen. Es kann nur eine allgemeine Vereinigung statt finden, und der Grad der Erhitzung, die Quantität der Kohle, so wie die Umstände beim Erstarren und Erkalten, entscheiden über die Natur und Eigenschaften, welche das erkaltete Metallgemisch erhalten wird. Die Menge der Kohle wird folglich in dem weichen Eisen genau so grofs seyn können, als in dem harten, aus welchem es entstanden ist.

Forschen wir nach einem bestimmten Mischungsverhältnifs in den verschiedenen Verbindungen des kohlehaltigen Eisens, so ergiebt sich bald, dafs ein solches im Stabeisen und im Stahl nicht gesucht werden könne, weil das Karburet, welches sie im weichen Zustande enthalten, nur eine abgeleitete Verbindung ist, und weil von der Menge des Karburets der Grad der Härte und Geschmeidigkeit abhängt, welche das Stabeisen und der Stahl durch die Zersetzung des Karburets beim plötzlichen Abkühlen erhalten. Daher wird es zwar in technischer Rück-

sicht höchst wichtig seyn, die Menge des Karburets im weichen Stahl zu ermitteln, welche durch die Zersetzung beim sogenannten Härten, dem Eisen die für jeden Zweck verlangten Eigenschaften der gröfseren oder geringeren Härte und der davon abhängenden geringeren oder gröfseren Geschmeidigkeit ertheilt; allein zur Auffindung von bestimmten Mischungsverhältnissen der Kohle zum Eisen, in dem harten Zustande des Metallgemisches, werden diese Untersuchungen nicht führen können.

Ein bestimmtes Mischungsverhältnifs — wenn ein solches vorhanden ist — wird daher nur im Roheisen zu finden seyn, und zwar in dem Roheisen, welches unmittelbar bei der Verschmelzung der Eisenerze erhalten wird, und nicht in dem, dessen Kohlegehalt durch Umschmelzen auf mannigfache Weise vermehrt oder vermindert seyn kann. Das graue Roheisen enthält theils freie, theils gebundene Kohle, folglich abgeleitete Verbindungen, deren Bildung von dem Grad der Hitze, bei welchem das Roheisen erzeugt ward, und von den Umständen abhängig erscheint, unter denen die Erstarrung erfolgte. Es wird daher auch bei diesem Eisen kein bestimmtes Mischungsverhältnifs vorausgesetzt werden können. Dagegen läfst es sich bei dem weifsen Roheisen erwarten, welches bei einem guten Gange des Ofens und bei einem solchen Erzsatz erblasen ist, bei dem die Scheidung des Eisens von der Schlacke so vollständig erfolgt, dafs die Schlacke durch Eisenoxydul noch nicht dunkel gefärbt erscheint. Aus Gründen, deren Auseinandersetzung hier zu weit führen würde, ist es bekannt, dafs solches Roheisen, beim Betriebe der Koakhohenöfen nur mit grofser Schwierigkeit, und beim Betriebe der Holzkohlenhohenöfen, anhaltend und mit stets gleichbleibenden Eigenschaften, nur bei Verschmelzung leichtflüssiger Eisenerze erhalten werden kann. Das weifse Roheisen, mit grofsen, stark glänzenden Spiegelflächen, welches deutlich eine krystallinische Struktur verräth und welches am vollkommensten und in gleichbleibender Beschaffenheit bei der Verschmelzung der Spatheisensteine erhalten wird, ist ein solches, bei dem sich ein bestimmtes Mischungsverhältnifs der Kohle am wahrscheinlichsten erwarten läfst.

Durch Auflösen des Eisens in Säuren ist der Kohlegehalt desselben, wie vorhin gezeigt worden, um so weniger genau zu bestimmen, je geringer der Antheil Kohle ist, welcher sich im ungebundenen Zu-

stande in dem Eisen befindet. Ein zuverlässigeres Resultat wird bei der Zersetzung des geschmolzenen Hornsilbers durch das kohlehaltige Eisen erhalten. Der Prozefs mufs in verschlossenen Gefäfsen, mit vielem ausgekochten Wasser und mit einem Zusatz von einigen Tropfen Salzsäure vorgenommen werden. Die zurückbleibende Kohle scheint aber auch bei diesem Zersetzungsprozefs schon eine Veränderung erlitten zu haben, wie aus den bei der Zersetzung sich entwickelnden Gasblasen und aus der Beschaffenheit der Kohle selbst hervorgeht, welche kein metallisches Ansehen besitzt und sich in der Glühhitze leicht und schnell verbrennen läfst.

Die weichen Eisenarten hinterlassen, beim Zersetzen durch Hornsilber, schwarzbraune, unmagnetische Kohle und eine graphitische Masse, ganz derjenigen ähnlich, welche bei der Behandlung mit Säuren erhalten wird. Mit der Zeit verwandelt sich aber auch diese graphitische Masse durch Hornsilber in sckwarzbraune Kohle, so dafs die Anwendung des Hornsilbers ebenfalls kein Mittel gewährt, jenes Karburet rein und ohne eine bereits erlittene Zersetzung darzustellen. Zwar läfst sich das Karburet durch Hornsilber in gröfserer Menge und vielleicht in gröfserer Reinheit erhalten; allein es fehlt an einem sicheren Merkmal woraus sich beurtheilen liefse, ob die Zersetzung weit genug oder schon zu weit vorgeschritten ist. Das graue Roheisen läfst, ausser der Kohle und der graphitischen Masse, auch noch die ungebundene Kohle im Zustande des Graphits zurück. Die harten Eisenarten geben blofs schwarzbraune Kohle, wenn die Zersetzung vollständig erfolgt ist, aber der Zersetzungsprozefs schreitet bei den harten Roheisenarten ungemein langsam fort, indem sich eine Kohlenrinde bildet, welche den noch unzersetzten Eisenkern umgiebt. Deshalb sowohl, als auch um die Menge der gebundenen Kohle in dem zu zersetzenden Eisen möglichst zu vermindern, und die aus den Veränderungen, welche die gebundene Kohle erleidet, entspringenden Irrthümer, bei den quantitativen Bestimmungen des Kohlegehalts, so viel als möglich zu beseitigen; ist es vorzuziehen, das harte Roheisen, durch Schmelzen in verschlossenen Thontiegeln und durch höchst langsames Erkalten, in weiches, graues Roheisen zu verwandeln und dieses durch Hornsilber zu zersetzen.

Die Rückstände welche nach dem Aussüfsen längere Zeit in der Wassersiedhitze getrocknet werden, sind fast niemals frei von Eisen und Kieselerde. Sie müssen daher, nachdem sie gewogen worden, im offenen Platintiegel verbrannt und so lange kalcinirt werden, bis der Rückstand, wenn ein solcher vorhanden ist, seine Farbe und sein Ansehen nicht mehr verändert, und nicht mehr vom Magnet gezogen wird. Der Eisenoxydgehalt dieses ebenfalls gewogenen Rückstandes wird durch Salzsäure weggenommen und die Menge durch das Gewicht der zurückbleibenden Kieselerde bestimmt, wobei es sich von selbst versteht, dafs das gefundene Gewicht des Eisenoxyds auf metallisches Eisens reducirt wird, wogegen die Kieselerde als Oxyd in Rechnung kommt, indem wohl angenommen werden darf, dafs das Silicium durch das Hornsilber vollständig in Kieselerde umgeändert seyn werde.

Bei den grauen Roheisenarten ist es nothwendig, die Menge der ungebundenen und der gebundenen Kohle anzugeben. Weil die Rückstände, aus den eben angeführten Ursachen, verbrannt werden müssen, so läfst sich die erforderliche Ausmittelung der Menge der ungebundenen Kohle am besten durch Auflösen einer andern Quantität Roheisen in Salpetersäure, welcher demnächst etwas Salzsäure hinzugefügt wird, bewerkstelligen. Der Rückstand wird, von der durch die Säure zersetzten Kohle, die sich im gebundenen Zustande im Roheisen befand, so wie von der etwa vorhandenen Kieselerde, durch Ätzkali befreit und nach dem Aussüfsen getrocknet und gewogen. Das Gewicht giebt die Menge der ungebundenen Kohle an, woraus, durch Abzug von dem beim Zersetzen des Hornsilbers gefundenen Gewicht des ganzen Kohlegehalts, die Menge der gebundenen Kohle gefunden wird. Durch die Anwendung von Salzsäure würde zwar alle gebundene Kohle unmittelbar entfernt werden können; es ist aber nicht rathsam, sich dieses Auflösungsmittels zu bedienen, weil das Wasserstoffgas immer etwas Graphit mechanisch mit fortreifst.

Weifses Roheisen mit ausgezeichneten Spiegelflächen, von der Lohhütte bei Müsen im Siegenschen, hinterliefs beim Auflösen in Salzsäure in der Siedhitze, ungeachtet der sorgfältigsten Auswahl der Stücken, noch 0,2 Prozent Graphit. Es ist sehr schwierig, weifses Roheisen frei von

allem Graphit zu erhalten, wenn dasselbe nicht bei einem schon wirklich übersetzten Gange des Ofens gefallen ist. Dies Eisen hat aber bereits eine Zersetzung erlitten und mehr oder weniger Kohle verloren, so dafs es nicht mehr eine, aus bestimmten Mischungsgewichten zusammengesetzte Verbindung ist. Der geringe Gehalt an ungebundener Kohle kann indefs keinen beträchtlichen Irrthum, in der Beurtheilung der wahren Zusammensetzung des weifsen Roheisens, welches bei einem guten Gange des Hohenofens erzeugt wird, veranlassen. Die Zersetzung des Hornsilbers erfolgte durch das Loher Spiegeleisen ungemein langsam und die Kohle fand sich jedesmal so zerstreut zwischen den reducirten Silberblättchen, dafs es schwierig war sie zu sammeln. Der Kohlegehalt differirte von 4,5 bis 5,5 Prozent. Zum Versuch wurden jedesmal 12 bis 15 Gran Roheisen und 80 bis 90 Gran Hornsilber angewendet. Die Zersetzung war gewöhnlich nach Verlauf von zehn bis zwölf Tagen beendigt.

Um das Hindernifs, welches aus dem Sammeln des sehr leichten und fein zertheilten kohligen Rückstandes entspringt, zu vermindern, ward das Spiegelflofs, um es in graues Roheisen umzuändern, in einem sorgfältig verschlossenen Thontiegel geschmolzen und der langsamen Erkaltung überlassen. Eine andere Quantität ward im Graphittiegel in Flufs gebracht und mufste ebenfalls langsam erkalten. Eben dieses war bei einer dritten Quantität der Fall, welche in einem mit Kiehnrufs angefüllten Tiegel geschmolzen war. Die erhaltenen Eisenkönige zeigten auf der Bruchfläche ein ziemlich verschiedenes Ansehen. Der mit Kohle geschmolzene hatte zwar keine dunklere Farbe, aber gröbere Absonderungsflächen als der im Graphittiegel erhaltene, und schien daher einen gröfseren Glanz zu besitzen. Der im Thontiegel geschmolzene Regulus war weniger schwarz als dunkelgrau gefärbt, und hatte ein mehr feinkörniges Gefüge. Er verhielt sich härter gegen die Feile als der im Graphittiegel geschmolzene, und dieser etwas härter als der mit Kohle geschmolzene Regulus, welcher einen hohen Grad von Weichheit besafs.

Der Kohlegehalt dieser drei Eisenkönige ward durch Zersetzung des Hornsilbers, und die Menge der ungebundenen Kohle demnächst durch Auflösen in Königswasser ausgemittelt. Es ergaben sich folgende Resultate:

In 100 Theile Loher Spiegeleisen	sind befindlich		
	gebundene Kohle	ungebundene Kohle	Summe des Kohlegehalts
Mit Kohle geschmolzen	0, 60.	4, 62,	5, 22.
Im Graphittiegel geschmolzen	0, 81.	4, 29.	5, 10.
Im Thontiegel geschmolzen	1, 00.	4, 05.	5, 05.

Das abweichende Verhältnifs der ungebundenen zu der gebundenen Kohle, ist unbezweifelt eine Folge der langsameren oder schnelleren Erstarrung. In dem mit Kohle geschmolzenen Regulus schien die gebundene Kohle nur als Polykarburet enthalten zu seyn, wogegen die Erscheinungen bei der Zersetzung des im Thontiegel geschmolzenen Regulus, auf einen Gehalt von hartem Eisen hindeuteten. Alle drei Könige enthalten dieselbe Menge Kohle, indem die unbedeutenden Differenzen als gar nicht vorhanden angesehen werden können, und dieser ganze Kohlegehalt ist in dem weifsen und harten Roheisen bekanntlich mit der gesammten Masse des Eisens verbunden. Die genauere Prüfung der bei jenen Versuchen aufgefundenen Verhältnisse, führt zu dem sehr merkwürdigen Resultat, dafs das Spiegeleisen die gröfste Menge Kohle enthält, welche das Eisen im flüssigen Zustande aufzunehmen fähig ist, und dafs dasselbe eine wahre chemische Verbindung, aus zwei Mischungsgewichten Eisen mit einem Mischungsgewicht Kohle, darstellt. Legt man des Herrn Berzelius Atomengewichte zum Grunde, so würde eine solche Verbindung aus 94,7 Eisen und 5,3 Kohle zusammengesetzt seyn müssen, welche Zusammensetzung mit der aufgefundenen so genau übereinstimmt, als es bei Untersuchungen dieser Art nur erwartet werden kann. Das weifse Roheisen mit Spiegelflächen ist folglich ein wahres Subkarburet und wird durch Fe^2C bezeichnet werden können. So wie die Kohle in der Schwefelkohle mit zwei Mischungsgewichten Schwefel, und im Kohlenwasserstoffgas mit zwei Mischungsgewichten Wasserstoff verbunden ist; so findet sie sich in dem harten, weifsen, bei einem nicht übersetzten Gange des Hohenofens erzeugten Roheisen, mit zwei Mischungsgewichten Eisen vereinigt.

Wie ist nun das graue Roheisen zusammengesetzt, welches von den Chemikern und Metallurgen von jeher für das kohlehaltigere ange-

sehen ward? Ein gröfserer Kohlegehalt als in dem weifsen Roheisen mit Spiegelflächen, ist darin, nach den eben angegebenen Resultaten, nicht zu erwarten. Dafs es, bei demselben Gehalt an Kohle, diese in einem andern Zustande der Verbindung enthalten werde, würde die wahrscheinlichere Vermuthung seyn. Aber auch diese findet sich durch die Analyse nicht bestätigt, wie die Resultate der Untersuchungen mehrerer Arten von grauem Roheisen zeigen, welche theils bei Holzkohlen, theils bei Koaks, bei einem sogenannten gaaren und hitzigen Gange des Ofens erblasen worden sind.

In 100 Theilen grauem Roheisen	befinden sich		
	gebundene Kohle	ungebundene Kohle	Summe des Kohlegehalts
Von der Saynerhütte bei Coblenz, bei Holzkohlen aus Brauneisenstein erblasen	0, 89.	3, 71.	4, 6.
Von der Widdersteinerhütte im Berg-Revier Siegen, bei Holzkohlen aus Brauneisenstein mit einem Zusatz von Spatheisenstein erblasen	1, 03.	3, 62.	4, 65.
Von der Malapanerhütte in Oberschlesien, aus Spatheisenstein bei Holzkohlen erblasen	0, 75.	3, 15.	3, 9.
Von der Königshütte in Oberschlesien, aus ockrigem Brauneisenstein bei Koaks erblasen	0, 58.	2, 57.	3, 15.
Ebenfalls daher, aber von einem weniger hitzigen Gange des Ofens	0, 95.	2, 70.	3, 65.

Alle diese Roheisenarten zeichneten sich durch eine sehr dunkle, fast schwarze Farbe, durch eine grofse Weichheit und Geschmeidigkeit in der gewöhnlichen Temperatur, und durch einen starken Metallglanz auf der Bruchfläche aus. Die gebundene Kohle schien, bei allen Roheisenarten, im Zustande des Polykarburets mit dem Eisen verbunden zu seyn.

Ein bestimmtes Mischungsverhältniſs der Kohle zum Eisen läſst sich, wie zu erwarten war, bei dem grauen Roheisen nicht auffinden. Dagegen ergiebt sich das, allen bisherigen Annahmen widersprechende Resultat, daſs das graue Roheisen weniger Kohle enthält als das weiſse, welches bei einem nicht eigentlich übersetzten Gange des Ofens erblasen wird. Der Kohlegehalt nimmt um so mehr ab, je gröſser der Grad der Hitze war, welcher bei der Ausschmelzung aus den Erzen statt fand. Deshalb enthält auch das bei Koaks erblasene, sehr graue Roheisen, die geringste Menge Kohle.

Das graue Roheisen, welches man erhält, wenn stark gebrannter Cementstahl, durch groſse Hitze in den Stahlkisten, in Fluſs kommt, enthält 2,62 Prozent ungebundene und 0,68 Prozent gebundene, zusammen 3,3 Prozent Kohle, also etwa so viel, als das bei einem hitzigen Gange des Ofens bei Koaks erzeugte graue Roheisen. Auch die Zusammensetzung dieses grauen Roheisen deutet nicht auf ein bestimmtes Mischungsverhältniſs hin und es ist, unter den Umständen wie es entsteht, wohl zu erwarten, daſs der Kohlegehalt sehr veränderlich und um so gröſser seyn werde, je gröſser die Hitze war und je länger das Eisen in der Stahlkiste flüssig bleibt.

Die Vergleichung des im weiſsen und im grauen Roheisen aufgefundenen Kohlegehalts, so wie des Zustandes der Verbindung der Kohle mit dem Eisen, giebt über die Beschaffenheit des sogenannten halbirten Roheisens, welches in sehr vielen Fällen absichtlich, und zuweilen zufällig, bei dem Betriebe der Hohenöfen erzeugt wird, genügenden Aufschluſs. Je nachdem sich der Gang der Öfen mehr oder weniger dem gaaren, d. h., demjenigen nähert, bei welchem nur graues Roheisen erhalten wird; müssen sich auch die Verhältnisse des weiſsen zum grauen Roheisen mehr oder weniger abändern. Eine Vermischung beider Roheisenarten findet, — wenn sie nicht durch absichtlich bewirkte plötzliche Erstarrung der flüssigen Masse herbeigeführt wird, — niemals statt, und daher scheint das halbirte Roheisen zuweilen das Ansehen und die Eigenschaften des grauen, zuweilen die des weiſsen Roheisens zu besitzen, wenn die eine oder die andere dieser Verbindungen überwiegend und vorwaltend ist.

Das weiſse Roheisen von einem guten und nicht schon übersetzten Gange des Ofens, ist aber sehr wesentlich von dem weiſsen Roh-

eisen zu unterscheiden, welches bei einem übersetzten Ofengange erzeugt wird. Die sogenannten luckigen Flossen, welche man zu Vordernberg in Steyermark darstellt, sind ein solches, bei einem stark übersetzten Ofengange gefallenes weifses Roheisen. Dies Roheisen enthält 3,25 Prozent Kohle in einem gebundenen Zustande, und zwar mit der ganzen Masse des Eisens vereinigt. Der gefundene Kohlegehalt darf indefs nicht als ein unveränderlicher für jene Eisenart angesehen werden, sondern er richtet sich ganz nach dem Gange des Ofens, und vermindert sich in dem Grade, wie die Versetzung des Ofens zunimmt. Von den sogenannten Spiegelflossen findet auf diese Art ein Übergang durch die Hartflossen und luckigen Flossen, mit immer abnehmendem Kohlegehalt, bis zu einer stahlartigen Verbindung statt, welche bei starken Versetzungen des Ofens nicht selten als Frischklumpen, oder als eine stabeisenartige Masse aus dem Ofen gebrochen werden mufs. Dafs die Kohle in den luckigen Flossen an der ganzen Masse des Eisens gebunden ist, rührt nur von der schnell erfolgenden Erstarrung der Masse her. Auch beim Hartflofs (blumigen Flossen) ist die Kohle an der ganzen Masse des Eisens gebunden, und der Kohlegehalt dieses Eisens ist gröfser als der der luckigen, aber geringer als der der spiegligen Flossen.

Bei dem grauen Roheisen deutet die dunklere und fast schwarze Farbe zwar auf einen gröfseren Gehalt an Kohle, aber die Farbe allein giebt kein sicheres Anhalten, indem auch die grauen Roheisenarten mit geringerem Kohlegehalt, häufig sehr dunkel gefärbt sind. Je weniger deutlich ein Stich ins Bläuliche zu bemerken ist, desto gröfser pflegt der Gehalt an Kohle zu seyn, und umgekehrt. Ein feines Korn mit abnehmendem Glanz und mit abnehmender schwarzer Farbe, die von der grauen verdrängt wird, deutet nicht immer auf zunehmenden Gehalt von gebundener und auf abnehmenden Gehalt von freier Kohle.

Noch schwieriger ist es, aus der Farbe und aus dem Glanz des weifsen Roheisens auf den Kohlegehalt zu schliefsen. Das, durch plötzliches Erstarren, aus dem grauen Holzkohlenroheisen erhaltene weifse Roheisen, dessen Kohlegehalt sehr abweichend seyn kann und mit dem des grauen Roheisens, woraus es erhalten worden ist, übereinstimmt, unterscheidet sich häufig nicht von dem weifsen Roheisen, welches das Maximum des Kohlegehalts erreicht hat. In den Fällen, wo sich deutliche

Spiegelflächen bilden, ist das durch plötzliches Erstarren des grauen Roheisens erhaltene weiſse Roheisen, vielleicht für ein Gemenge von Fe^2C mit weiſsem Roheisen ohne ein bestimmtes Mischungsverhältniſs, anzusehen; in den mehrsten Fällen dürfte ein auf solche Art entstandenes weiſses Roheisen aber nur für eine ganz unbestimmte Verbindung zu halten seyn, in welcher die vorhandene Kohle nicht zureicht, um alles Eisen zu der Verbindung Fe^2C zurückzuführen.

Graues Roheisen entsteht beim Betriebe der Hohenöfen immer nur dann, wenn das Verhältniſs der Erze zu den Kohlen geringe ist, oder wenn die Kohlen in einem solchen Übermaaſs vorhanden sind, daſs der Erzsatz ohne einen nachtheiligen Einfluſs auf den Gang des Ofens, verstärkt werden kann. Aus dieser Art der Entstehung des grauen Roheisens, und aus seinem Verhalten beim Verfrischen, indem es sich schwieriger in Stabeisen umändern läſst als das weiſse Roheisen, wird es erklärbar, wie die Überzeugung: daſs das graue Roheisen das reichere an Kohle sey, — bei allen Chemikern und Metallurgen so fest hat begründet bleiben können, daſs nicht einmal die Vermuthung eines andern Verhaltens jemals entstanden ist. Der Widerspruch, welcher zwischen dem geringeren Gehalt an Kohle, und zwischen der Entstehungsart des grauen Roheisens in den Hohenöfen und seinem Verhalten beim Verfrischen statt zu finden scheint; wird sich bei einer näheren Beleuchtung der Erscheinungen beim Hohenofen und beim Verfrischungsprozeſs — welche einem andern Vortrage vorbehalten bleiben mag — sehr leicht beseitigen lassen.

Es ist zu hoffen, daſs diese Untersuchungen nicht ohne Nutzen für den praktischen Eisenhüttenmann bleiben, und daſs sie bald zur Abänderung und Verbesserung mancher bisher üblichen Verfahrungsarten bei der Erzeugung und weiteren Verarbeitung des Roheisens führen werden.

Über

Dolomit als Gebirgsart.

Von

Hrn. v. BUCH.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 31. Januar 1822.]

Dolomieu erzählt in einem aus Malta am 30. Januar 1791 an la Peyrouse geschriebenen Briefe *(Journ. de Physique, XXXIX. 3.)* dafs er viele Kalksteine untersucht habe, welche wenig und langsam, oder auch fast gar nicht mit Säuren aufbrausen, ohnerachtet er sich durch andere Mittel völlig überzeugt hatte, dafs nicht beigemengte fremde Fossilien die Natur des Kalksteins verstecken. Er sagt nicht, wo ihm diese Erscheinung zuerst aufgefallen sei, sondern fährt fort, dafs er nun unter den römischen Marmorn viele von dieser nicht aufbrausenden Natur entdeckt habe. Viele, vorzüglich griechische colossale Statuen wären daraus gearbeitet; den römischen Bildhauern sei er unter dem Namen *marmo greco duro* bekannt. In der That unterscheide sich auch dieser Marmor von den mit Säuren aufbrausenden durch seine gröfsere Härte. Er sei auch schwerer, etwas weniger durchscheinend, und widerstehe weit mehr der Verwitterung. Sonst sei er sehr weifs und grobkörnig. Ohnerachtet man aus ihm, wenn man ihn mit Säuren behandelt, nur nach vielen Minuten einzelne und seltene Luftblasen aufsteigen sieht, so werde er doch von diesen Säuren vollkommen aufgelöst und gebe durch die Calcination lebendigen Kalk.

Später, im August 1789, erzählt Dolomieu weiter, habe er eine ungeheure Menge dieser nicht aufbrausenden Kalksteine in Tyrol gefun-

den, als er dies Land mit dem bekannten Naturforscher Fleuriau de Bellevue bereiste. Sie kämen vorzüglich bei Sterzing vor *(l.c.p.8.)*; ein grofser Theil der Strasse über den Brenner laufe darüber hin und diese Strafse sei bis fast nach Inspruck hin daraus gemacht. Aber nicht blofs im primitiven Gebirge, sondern auch zwischen Botzen und Trient in dem Kalksteine, welcher Versteinerungen enthält und dem Porphyre folgt, habe er dieselben Massen gefunden; nur mit dem Unterschiede, dafs die im höheren Gebirge feinkörnig und fast halbdurchsichtig sind; die in den söhligen Flözschichten hingegen erscheinen dicht mit splittrigem Bruch, wie sonst der Flöz-Kalkstein. Doch sind sie weifser, und enthalten eine Menge kleiner Höhlungen, mit Rhomboedern besetzt, deren Oberflächen die Convexität und den Perlmutterglanz des Braunspaths besitzen, und auch, wie dieser, nur langsam und ohne Aufbrausen sich auflösen. — Die Brenner-Kalksteine von dieser nicht aufbrausenden Natur sind sehr stark phosphorescirend, sowohl durch Reibung mit eisernen Spitzen, als gegeneinander; dann sind sie auch viel schwerer wie gewöhnliche weifse Marmore; sie erreichen nahe 3000; da die specifische Schwere der aufbrausenden Marmore nie 2800 übersteigt. —

Dieser Brief machte bei den französischen Naturforschern grofses Aufsehen; das für untrüglich gehaltene Kennzeichen der Kalksteine, das Aufbrausen mit Säuren, ward ihnen entrissen, ohne dafs man eine Ursache dieses Mifslingens des entscheidenden Versuchs angeben konnte. Schon kurze Zeit nach der Bekanntmachung erschien ein Aufsatz von Gillet Laumont, in welchem dieser beweist, dafs die Phosphorescenz den von Dolomieu entdeckten Kalksteinen nicht ausschliefslich eigenthümlich sei, sondern auch manchen anderen sehr lebhaft aufbrausenden zukomme. Er bestätigt aber Dolomieu's Angaben in Hinsicht des langsamen und schwierigen Aufbrausens vieler Kalksteine vollkommen, und nennt als auffallendes Beispiel dieser Erscheinung den primitiven Kalkstein, welcher südlich über Ste. Marie aux Mines im Elsafs in grofsen Bänken ansteht, und gänzlich aus einem verworrenen Gemenge von primitiven Rhomboedern zu bestehen scheint, in dem nur in den unteren Theilen wenig Glimmer und Speckstein eingemengt sind. *Journ. de Physique. XL.* 97.

Saussure hatte sehr bald von Dolomieu solche Kalksteine erhalten, und sein Sohn unternahm es, durch eine chemische Analyse die Ursache ihrer Eigenthümlichkeiten zu erforschen. Es war, wie ich glaube, eine der ersten Arbeiten mit welcher dieser berühmte Chemiker öffentlich auftrat. Er meinte, man müsse diesen sonderbaren Kalksteinen den Namen des Entdeckers beilegen und nannte sie Dolomite, und dieser Name ist ihnen seitdem auch immer geblieben. Aber in der Analyse war er nicht glücklich; der wesentliche Bestandtheil des Dolomits, die Talkerde, entging ihm.

Auch in den von Fleuriau de Bellevue als ausgezeichnet phosphorescirend und elastisch biegsam bekanntgemachten Dolomiten von Campo Longo am Gotthardt, fand Saussure nur 0, 8 *p. C.* Talkerde, welche nicht als wesentlich konnte angesehn werden.

Es ist wahrscheinlich, dafs die Entdeckung der wahren Natur dieser Gebirgsmassen dem genialen Chemiker Smithson Tennant gebühre. Ein Zufall hatte ihn darauf geleitet. Er sah bei Doncaster (im Jahre 1792 *Phil. Trans.* 1799, 305.) die Felder mit gebranntem Kalkstein gedüngt, den man von Tagereisen weit herführte, da doch ganz in der Nähe sich viele Kalköfen befanden. Bei näherer Untersuchung fand er dafs dieser Kalkstein der Gegend, weit entfernt die Vegetation zu beschleunigen, sie gänzlich zerstört haben würde, und von dieser sonderbaren Thatsache überzeugte er sich noch mehr durch viele von ihm zu diesem Zweck angestellte höchst merkwürdige Versuche.

Sehr erstaunt über diese Wirkung unterwarf er die Steine einer sehr genauen und umsichtigen Analyse, und fand, dafs sie aus zwei Theilen kohlensaurer Talkerde mit drei Theilen kohlensaurem Kalk zusammengesetzt wären; dagegen enthielt der zur Düngung angewendete Kalk keine Talkerde. Da jene so schädlich wirkende Steine sich nur sehr langsam in Säuren auflöseten, so ward Tennant darauf geleitet, sie mit Dolomiten zu vergleichen, und auch diese einer neuen Analyse zu unterwerfen. Nun entdeckte er, dafs der grofse Gehalt von Talkerde allen diesen Substanzen ebenfalls eigenthümlich sei, und dafs von diesem Gehalt alle Eigenschaften abhängen, welche Dolomite von Kalksteinen unterscheiden. So fand er

	Talkerde.	Kalkerde.
in dem Dolomit der colossalen griechischen Statuen zu Rom	21, 48	30, 92.
In den Massen, welche man gewöhnlich vom Vesuv ausgeworfen glaubt, und in denen sich gröfstentheils alle jene glänzenden Krystalle eingeschlossen finden, Glimmer, Hornblende, Vesuvian, Feldspath, Meyonit, Nephelin	18, 26	34, 3.
In Dolomit von Breedon bei Derby	20, 28	31, 71.
In Dolomit von Jona der Hebridischen Inseln	17, 6	31, 2.

Der Weg, den Tennant in seinen Analysen befolgte, hat etwas Eigenthümliches; der Dolomit ward nehmlich zuerst in Salzsäure aufgelöst, im Platintiegel zur Trockne abgeraucht und einige Minuten rothglühend erhalten. Es blieb nun im Tiegel salzsaurer Kalk und reine Talkerde zurück. Dieser Rückstand ward mit Wasser ausgewaschen, auf das Neue in etwas mehr verdünnter Salzsäure aufgelöst, als eben zur Wiederauflösung der Talkerde nöthig war, und die verhältnifsmäfsige Menge der Talkerde aus dem Verlust bestimmt, welchen ein in die Auflösung gebrachtes reines Stück Kalkspath erlitt. Eisen und Thonerden wurden ebenfalls durch diesen Kalkspath niedergeschlagen.

Tennant fand nun bei weiterem Nachforschen, dafs die englischen Dolomite sich sehr weit erstreckten, und verschiedenen Formationen angehörten. Der von Doncaster liefs sich durch die ganze Länge von England in einer bestimmten Lagerung verfolgen, nehmlich zwischen den Kohlenschichten und dem rothen, Salz und Gyps führenden Mergel, und seitdem wird er von englischen Geognosten unter dem Namen *magnesian limestone* als eine eigene Formation aufgeführt. Auch in Derbyshire fand Tennant den Dolomit in einem Kalkstein, von dem man gewöhnlich glaubt, dafs er unter dem Kohlengebirge liege, und so sonderbar, dafs bei Matlock im engen Thale, die eine Seite der Felsen aus Kalkstein, die andere aus Dolomit besteht. Dieser letztere enthält einige Versteinerungen, doch höchst selten; der Kalkstein ist dagegen ganz damit angefüllt. — Übrigens macht Tennant

noch die feine, aber ganz verloren gegangene Bemerkung, dafs der gröfste Theil dieser Dolomite fast durchaus von krystallinischer Structur sei, und dafs man in diesen Krystallen, wenn sie gröfser werden, die Rhomboidalform erkennt. Diese Structur aber, sagt er, ist ein Beweis, dafs beide Erden in der That in chemischer Vereinigung getreten sind, und dafs die Talkerde nicht etwa zufällig sich darinnen eingemengt finde (1).

Klaproth bestätigte diese Entdeckung, nicht allein durch Untersuchung des Dolomits der griechischen colossalen Statuen, sondern auch durch neue Zerlegung desjenigen von Campo Longo am Gotthardt und aus der Kette der Apenninen-Gebirge von Castell a Mare bei Neapel.

	Kohlensaure Kalkerde.	Kohlensaure Talkerde.	Kohlensäure allein.
Der körnige antike Dolomit enthielt . .	51, 5.	48.	$47\frac{1}{4}$ p.C.
Von Campo Longo mit grünen Talkblättchen gemengt	52.	46, 5.	46 p.C.
Von Castell a Mare zerfallen	59.	40, 5.	46 p.C.
in derben Stücken	65.	35.	
Aus kaernthnerischen Alpen	52.	48.	$47\frac{1}{2}$ p.C.

Klaproth hatte schon früher, und hat auch später viele Verbindungen der kohlensauren Talkerde und Kalkerde zerlegt, welche nach und nach unter dem Namen von Braunspath, Bitterspath, Guhrofian, Miemit u. s. w. bekannt geworden waren. In jeden fand sich das Verhältnifs der beiden Erden verschieden, sogar unbeständig; und da man nun glaubte in diesen verschiedenen Fossilien die Form des Kalkspaths zu erkennen, so machten diese Analysen auf die Mineralogen keinen grofsen Eindruck. Man scheint gröfstentheils den Talkerdengehalt für etwas zufälliges gehalten zu haben, für eine Wirkung von Talk-

(1.) Nach der chemischen Proportionsformel 1 *Mc* + 1 *Cc* besteht die Verbindung aus = 45, 45 kohlensaure Talkerde.
54, 55 - - Kalkerde.
100 . . . .

blättchen, Serpentin oder ähnliche, dem Kalkspathe eingemengten Fossilien. Auch hat selbst Klaproth nichts erwähnt, woraus man schliefsen könnte, dafs er im Braunspath, Bitterspath, Miemit u. s. w. den Dolomit wieder erkannt hätte (1).

Die Aufmerksamkeit auf diese Verbindungen mufste aufs Neue erregt werden, als 1802 Wollaston seine Entdeckung der Verschiedenheit der Winkel des Bitterspaths von denen des Kalkspaths bekannt machte. Es war nun erwiesen, dafs Dolomit nicht Kalkstein sei, sondern etwas Eigenthümliches, Selbstständiges, und die Untersuchung der Verhältnisse, in welchen diese Gebirgsart in der Natur vorkommt, mufste ein neues Interesse gewinnen. Wenig ist indefs darüber bekannt gemacht worden, und vielleicht möchte das Vorzüglichste ein, vor wenig Monaten, sowohl in Thomsons Annalen, wie im *Journal de Physique* erschienener Aufsatz des Oxford'schen Professors Buckland seyn, in welchem dieser geschickte Geognost mit grofser Kühnheit die Reihe der englischen Flözschichten durch die Kette der Alpen verfolgt. Er meint, man könne in diesen Gebirgen fünf Arten von Dolomit unterscheiden, 1) den primitiven am Brenner. 2) Im schwarzen Übergangs-Kalkstein; wahrscheinlich, weil man im Kalkstein dieser Formation in England, Rufsland und Nord-Amerika Talkerde gefunden habe. 3) Im sogenannten älteren Alpenkalkstein, welcher ganz mit der Formation des „Magnesian Limestone" in England übereinkomme. Hierzu gehöre ein grofser Theil der Rauhwacke und der Zechstein in Deutschland. 4) Im jüngeren Alpenkalkstein, zu welchem auch die Jura-Kalksteine und die Roogensteine gerechnet werden. 5) Endlich im sogenannten

---

(1) Eine neue Analyse ward von Biot bekannt gemacht *(Annales de Chimie XIV. 194)*. Sehr schöne, reine Krystalle aus piemonteser Thälern hatten bei 21, 25 *C.* Temp. ein specifisches Gewicht von 2, 9264 (der Kalkspath nach Malus nur 2, 7141) und enthielten nach Pelletier's Versuchen

Kohlensaure Kalkerde 51.
Kohlensaure Talkerde 44, 32.
Kohlensaures Eisen 4, 68.

Die Scheidung der Erden war nach Longchamp's Methode bewerkstelligt worden. Biot fand, dafs die Divergenz der Strahlenbündel im Dolomit um $\frac{1}{15}$ die ähnlicher Bündel im Kalkspath übertraf.

,,calcaire grossier'' der Bassin- (Becken-) Formation, welche die Stadt Verona umgiebt und viele der Vicentiner Hügel bildet. — Die nähere Angabe der Lagerung dieser Dolomite fehlt im Bucklandschen Aufsatz; er scheint auch wirklich zu glauben, es sei hierinnen keine Bestimmtheit zu beobachten, denn er redet öfters von Kalkstein, der in der Form von Dolomit erscheine, oder in Dolomit übergehe. —

Der Zufall hat es gewollt, dafs ich im Sommer des verflossenen Jahres (1821) den Dolomit in gar mannigfaltigen Verhältnissen zu beobachten Gelegenheit gehabt habe, und jederzeit in einer sehr bestimmten und überall höchst auffallenden und merkwürdigen Lagerung. Das Resultat dieser Beobachtungen in der Kürze vorzutragen ist gegenwärtig meine Absicht.

I.

Dolomit in der Gegend von Coburg.

Das Gebirge des Thüringer Waldes bei Sonnenberg, zwei Meilen oberhalb Coburg, fällt mit Grauwacke und Thonschiefer in das flache Land herunter. Sogleich folgen die Schichten des Flözgebirges, wie man sie am Fufse dieses Gebirges auch an anderen Orten zu sehen gewohnt ist. — Das sogenannte rothe Todte nur an einigen Stellen, am Blesberge, und nicht mächtig, weil es nur da ausgedehnt ist, wo der Porphyr, von dem es wahrscheinlich seine Entstehung erhält, grofse Massen des Gebirges bildet, oder doch in der Tiefe vorkommt. Dann folgt am Schlofs von Sonnenberg selbst eine dünne Schicht von Zechstein; dann der rothe obere, oder bunte Sandstein in grofser Verbreitung, und in vielen Hügeln und Bergen fort; dann endlich der Muschelkalk in einer ausgezeichneten scharfen Reihe, von wenigen hundert Fufs Höhe und von gar geringer Breite; die Köpfe der Schichten gegen das Gebirge, die Fallungsfläche südwärts gegen das Land. Diese Reihe, oder dieser Kamm trennt sich von der gröfseren Masse des Muschelkalksteins, wie sie zwischen Hildburghausen und Rodach durchzieht, bei dem Dorfe Nieder-Wollsbach, zertheilt mit mehreren kleinen Unterbrechungen, durch welche die Bäche bei Wollsbach, bei Münchröden, bei Nieder-Wasungen, bei Gerstungshausen ablaufen, das Coburger Land in einem Bogen bis zu den Dörfern Beykum

und Schmölz und scheidet eine Zusammensetzung der Berge, die von beiden Seiten der Kette gänzlich verschieden ist. Der rothe Sandstein findet sich auf ihrer Südseite gar nicht wieder, sondern nun, fast bis Schweinfurth hin, ja am Steigerwald fort fast bis tief in Schwaben, eine mächtige Folge von dünnen Schichten von rothem und grünem Thon, von grauem Schieferthon dazwischen, von einzelnen weissen Sandsteinschichten, und nicht selten von wenig weit fortsetzenden Gypslagern zwischen dem Thon. Diese Folge ist in Thüringen wie in Hessen schon längst bekannt, als die sogenannte neuere Gypsformation, der obere Theil des zweiten oder bunten Sandsteins. Auch hier würde man sehr geneigt seyn zu glauben, dafs der Muschelkalk darauf liege, denn ähnliche rothe und grüne Thonschichten zeigen sich schon deutlich unter dem Kalkstein am nordlichen Fufse des Culmberges bei Münchröden, und ein Aufliegen der Thonschichten auf dem Kalkstein läfst sich nirgends auffinden (1). Diese Thonschichten sind wie farbige Bänder in allen Schluchten bei Coburg entblöfst, und fallen daher sonderbar auf; auch sind sie den Einwohnern unter der Provinzialbenennung Keuper gar sehr bekannt. Sie werden von einem sehr feinkörnigen glimmerreichen Sandstein bedeckt, welcher nicht selten Abdrücke von Schilfen, selbst einzelne Spuren von Steinkohlen enthält; grofse Steinbrüche haben ihn bei Ketschendorf und bei Neuses entblöfst. Auch Abdrücke von Fischen hat man zuweilen darinnen gefunden, von denen noch jetzt mehrere Stücke in der Sammlung des Museums aufbewahrt werden und ein vortreflicher Abdruck in der Sammlung des Herrn von Roeppert in Coburg, der diese ganze Gegend mit besonderem Fleifs, Sorgsamkeit und Kenntnifs untersucht hat. Dem

---

(1) Doch scheint es nach Erfahrungen im südlichen Deutschland wieder ganz wahrscheinlich, dafs eine ganz gleiche Folge von „Keuper-Schichten," nehmlich die, welche Franken und Schwaben durchzieht, über den Muschelkalk gelagert sei. Herr von Roeppert glaubt dies zwischen Werneck und dem Mayn mit Bestimmtheit gesehen zu haben; und der Kalkstein von Wimpfen, welcher dem Salzgebirge aufliegt, den rothen Thon aber unterteuft, wird von den Herren Boué, Glenck, Hausmann und später auch, nach genauer Untersuchung von den Herrn von Oeynhausen und von Dechen für Muschelkalk gehalten. Dann würde freilich der Coburger Keuper auch zu dieser oberen Thon- und Letten-Formation gehören müssen.

Sandstein folgen auf das Neue an den Abhängen der Berge einige Schichten von Keuper, dann wieder Sandstein und nun wie eine Krone darauf der Dolomit. Es ist das einzige Gestein, welches hier Felsen zu bilden vermag, und als 40 ja bis 50 Fufs hohe, senkrechte Felsen sieht man ihn schon von weitem über den sanfteren und gröfstentheils bewachsenen Abhängen. Kommt man ihnen näher, so sieht man sie durch grofse senkrechte Klüfte zerspalten, durch welche oft ungeheure Würfelblöcke losgetrennt und herabgestürzt werden. Aber nicht eine Spur von Schichtung ist sichtbar, die ganze Höhe ist nur eine einzige Schicht ohne Trennung. Schon dadurch unterscheidet sich dieser Dolomit gar auffallend vom stets sehr dünn geschichteten Muschelkalk; eben so verschieden sind sie im Innern. Der Dolomit ist gelblichbraun, dicht grobsplittrig im Bruch, aber nicht matt wie der Kalkstein, sondern im Sonnenlichte an vielen Stellen feinkörnig. Untersucht man diese Stellen genauer, so erblickt man kleine Hölungen mit Krystallen. Auch gröfsere eckige Löcher durchziehen die Masse, stets mit Drusen besetzt, in welchen man das sogenannte primitive Rhomboeder erkennt; — und nur dieses. Nie eine andre Form. Darinnen liegt ein Hauptcharacter des Dolomits, der überall zu seiner Erkennung wesentlich beiträgt. Es ist bekannt, wie selten das primitive Rhomboeder des Kalkspaths in der Natur aufgefunden wird. Nur wenige Sammlungen mögen es aufweisen können. Der Dolomit hingegen ist bisher noch kaum in anderen Krystallen gesehen worden. Findet man daher ein Gestein, welches man vielleicht für Kalkstein gehalten hätte, im Innern mit solchen Rhomboedern besetzt, so ist man zu der Vermuthung berechtigt, nicht Kalkstein, sondern Dolomit vor sich zu haben. Krystalle hingegen von anderen Formen würden die Natur des Kalksteins der Masse erweisen, wenn nicht diese Krystalle durch andere Kennzeichen von dieser Hauptmasse scharf geschieden seyn sollten. Dafs es aber wirklich das primitive und kein anderes Rhomboeder sei, erkennt man sehr leicht selbst in sehr kleinen Krystallen an dem Gleichlaufen der Sprünge des blättrigen Bruchs mit den Begrenzungsflächen der Krystalle. Der Dolomit ist im Stande, am Stahl einige Funken zu geben, und seine den Kalkstein übertreffende Schwere ist auch schon dem Gefühl, bei dem Aufheben der Stücke merklich. Er scheint völlig versteinerungs-

M 2

leer; keine einzige erhaltene und bestimmbare Muschelgestalt hat sich bisher aus ihm hervorziehen lassen. Indefs bemerkt man doch wohl, wenn man viele der eckigen Hölungen aufmerksam ansieht, dafs sie aus der innern Hölung einer umgebenen Muschel entspringen. Ich glaube sehr deutlich und kaum zu bezweifelnd, die Form des Strombus erkannt zu haben. —

Dieser Dolomit ist von dem Sandstein, dem er aufliegt, nicht scharf geschieden. Die Sandkörner werden von der Dolomitmasse umwickelt, und verlieren sich darinnen nur nach und nach gegen die Höhe der Schicht. Deswegen sieht man in Dolomitstücken häufig Quarzkörner, selbst auch Feldspath nicht selten: denn dieser obere Sandstein, den man häufig Quadersandstein nennt, scheint wohl einem granitischen Gestein seine Entstehung zu verdanken. Sehr häufig sieht man in den, ihn bildenden Körnern noch Quarz- und Feldspath in einem einzigen Korn vereinigt. —

Es giebt kaum einen Berg in der näheren Umgebung von Coburg, der nicht auf seiner Höhe mit einer solchen Felsreihe von Dolomit besetzt wäre. Am Festungsberge über der Stadt liegt er ohngefähr 410 Fufs über dem Spiegel des Flusses, an den gegenüber liegenden Bergen oberhalb Neusés ziemlich eben so hoch. An den Bergen unter der Stadt findet er sich immer weniger hoch, bis er oberhalb Scherneck, drei viertel Meilen unter Coburg, fast den Boden des Thals berührt, und seitwärts die wenig hohen Flächen und Hügel gegen Ober-Simmau bildet. Eben diese südliche Neigung scheint allen Schichten der Gegend von Coburg gemein. Man würde also diesen Dolomit hier sehr regelmäfsig gelagert glauben, als oberste Schicht der rothen gypsführenden Thonformation, welche dem oberen, bunten Sandstein aufliegt; dies scheint auch die Meinung des Herrn Professor Germar in Halle zu seyn, der, so viel ich weifs, diese Dolomite zuerst erwähnt hat (Leonh. Taschenbuch XV. 41.). Allein diese bleibt immer die oberste; wenn sie auch bis ins Thal herabkommt, sieht man sie doch von keiner andern bedeckt. — Zwischen Ober-Simmau und Buch erscheint weifser Sandstein, dem Quadersandstein sehr ähnlich, welcher von hier aus alle kleine Gebirgszüge durch den Lichtenfelser Forst bildet, bis Kloster Banz und bis zum Mayn hin; es scheint, der Dolomit

müsse sich unter diesem Sandstein, der höher liegt, verstecken. Ich habe es nicht auffinden können. — Auch ist wirklich diese Gebirgsart ganz allein der Gegend von Coburg eigenthümlich. Herr von Roeppert hat sie in dem ganzen Strich zwischen dem Mayn und der fränkischen Saale nicht wieder gefunden, wo doch alle Keuperschichten und weifse und graue Sandsteine darüber und Gypsschichten eben so mächtig und ausgedehnt vorkommen, wie in Coburg.

Ich habe sie eben so wenig bei Rothenburg an der Tauber wieder auffinden können, oder bei Schillingsfürst, Feuchtwang, Creilsheim, Schwäbisch-Hall, Waldenburg und Oehringen, oder bei Heilbronn, welches doch alles auf der Fortsetzung dieser rothen gypsführenden Thonschichten liegt, mit welchen alle übrige Schichten der Coburger Gegend sich ebenfalls finden, und ziemlich in eben der Ordnung. Ich meine daher, dafs schon in der Lagerung dieser Coburger Dolomite etwas Räthselhaftes, nicht Entwickeltes liege. — Sollten sie wohl einst zur Formation des Jura Kalksteins gehört haben? Etwa als die letzte, und nun zu Dolomit veränderte Schicht des Juragebirges in Franken? Versteinerungen, wenn sie einst noch deutlich aufgefunden werden, müssen darüber entscheiden. Bemerkenswerth ist es wohl, dafs sie nur in der Richtung der Fränkischen Juraberge sich finden, aber aufserhalb dieser Richtung nicht. —

II.

Dolomit im Zuge des Juragebirges durch Franken.

Staffelberg. Muggendorf.

Es ist bekannt, wie das Juragebirge, als ein ausgezeichneter Damm, oder vielleicht als eine fortlaufende Corallbank sich aus der Dauphiné bis an die Ufer des Mayn's verfolgen läfst, und hierbei stets in einer gewissen Entfernung den verschiedenen primitiven Gebirgsreihen gleichlaufend bleibt; zuerst den Alpen; dann vom Rhein an dem Schwarzwald; endlich von der Altmühl aus dem Böhmerwaldgebirge, fast ohngefähr als das grofse Corallenriff, welches in einiger Entfernung auf gleiche Art die Form der Neuholländischen Ostküste bezeichnet. Dies Kalksteingebirge endigt sich endlich steil

und weit sichtbar, da wo es sich dem vorliegenden Gebirge des Thüringer Waldes gegenüber befindet, mit zwei grofsen Hörnern, dem Staffelberge und dem Köttlesberge, beide unweit Lichtenfels. Wenn man vom Mayn aus zu diesen Bergen hinaufsteigt, so findet man am Fufs, und bis zwei Drittel der Höhe des Berges hinauf, immerfort den Sandstein, welcher schon gegenüber die Höhen von Banz bildet, und sehr wahrscheinlich auf den „Keuper" oder den rothen Thonschichten liegt. Man sieht diese Auflagerung deutlich zwischen Burgkunstadt und Ebnet etwa drei Meilen am Mayn höher hinauf. Der Sandstein enthält unten einige blaue Mergel-Lager; höher wird er fast gänzlich weifs und kleinkörnig, dem Quadersandstein von Cotta und Pirna ganz ähnlich. Wenig weiter liegt die ganze Masse des Jurakalksteins darauf; und gar bestimmter Kalkstein der Juraformation. Es ist dieselbe ausgezeichnete Weisse des Gesteins, derselbe feinsplittrige oft ebene Bruch wie in der rauhen Alb, oder in den meisten Schichten des Jura der Schweiz. Und kaum hat man diese Schichten betreten, so sieht man in Menge die verschiedenen Abänderungen des *ammonites planulites Schlotth.* welcher der Juraformation so ausschliefslich eigenthümlich ist, und sich im Muschelkalk nicht findet. Andere Muschelkalksteine sind dagegen zuweilen sehr dunkel gefärbt, wahrscheinlich von der organischen, durch den Kalkstein vertheilten Substanz der Muscheln. Durch Verwitterung oder Verbrennung, noch mehr in hoher Temperatur, entweicht diese Farbe, und der Kalkstein bleibt weifs und nicht selten in Form von zerbrochenen Muschelschaalen zurück. — Diese Wirkungen bemerkt man an Jurakalksteinen nicht leicht. Man frägt sich verwundernd, wo hier wohl die animalische Substanz der Muscheln geblieben seyn mag, deren Schaalen doch in so unglaublicher Menge in dem Gestein zerstreut liegen. Dies ist ein Character, wodurch der Kalkstein dieser Formation sich durch seine ganze Erstreckung, und wie es scheint, sogar auch in mehreren Welttheilen wieder erkennen und leicht von Kalksteinen anderer Formationen unterscheiden läfst. —

Über solche weifse Schichten erreicht man am Staffelberge endlich eine Reihe senkrechter Felsen, vorspringende Altane und Basteien, nur in Klüften ersteiglich. Es ist Dolomit; wieder als höchster

Gipfel und in höchst auffallender Form. Ungeheure Spalten durchziehen diese Felsen von einer Seite zur andern, oft Fufsmächtig, so dafs man tief hinein gehen kann; das Gestein ist gelb und ganz körnig, ohne Spur von Versteinerungen. Es brauset mit Säuren gar nicht, und die häufigen eckigen Hölungen sind mit eben solchen Rhomboedern besetzt, als im Dolomit von Coburg, ja hier vielleicht in noch gröfserer Menge. Die Hölungen fehlen niemals; sie sind aber ganz unregelmäfsig und klein, und lassen nie, wie die Coburger Dolomite, irgend eine umwickelte Muschelform errathen. Auch hier sucht man vergebens irgend etwas, das an Schichtung erinnern könnte. Wären die grofsen senkrechten Spalten nicht, das Ganze wäre eine einzige solide Masse von vielleicht 60 Fufs Höhe. __ Der Köttlesberg zwischen Lichtenfels und Weifsmayn ist diesem ganz ähnlich. Der Dolomit liegt ganz oben, auf den Schichten des Jurakalksteins, und wird von gar nichts weiter bedeckt.

Man ist so gewohnt, von den Muggendorfer und Gailenreuther Hölen, als von Hölen im Kalkstein zu reden, man hat, nach ihnen, den Jurakalkstein selbst so wenig selten Hölenkalkstein genannt, dafs es fast auffallen könnte, wenn man behauptet, dafs keine einzige dieser Hölen sich im Kalkstein finde. Sie sind alle im Dolomit. Beide aber, Kalkstein und Dolomit, sind in den Bergen von Streitberg und Muggendorf so scharf von einander geschieden, dafs man sie nicht leicht verwechselt. Da auch hier der Dolomit nur die gröfsten Höhen einnimmt, und von keiner Gebirgsschicht bedeckt wird, so mufs man überall aus den Thälern mehrere hundert Fufs über die dichten Kalksteinschichten des Jura wegsteigen, ehe man eine Höle erreicht. Kommt man nun der Scheidung beider Gebirgsarten nahe, so scheint der Boden mit tiefem Sande bedeckt. Mitten zwischen Kalksteinschichten hat dies etwas Auffallendes. Untersucht man aber den Sand etwas genauer, so ist jedes Korn ein deutliches und bestimmtes Rhomboeder; es ist der zerfallene Dolomit, dessen senkrechte und kühne Felsen auch gleich darauf hervortreten. — Die Hölen senken sich dann wohl zuweilen sehr tief herunter, aber noch in keiner von allen, die bis jetzt untersucht sind, gehen sie über die Scheidung des

Kalksteins hinaus. Sie werden also für den Dolomit des Jura ganz auszeichnend und stehen wahrscheinlich mit den senkrechten Formen, mit dem Vorkommen, fast nur auf den Gipfeln im nächsten Zusammenhange.

Dieser Dolomit ist ebenfalls durchaus körnig, und daher glänzend; doch bemerkt man sehr bald, dafs es mehr das Körnige eines sehr feinen Zuckers, als das eines feinkörnigen Marmors ist. Der Unterschied ist characteristisch und bedeutend. Im Kalkstein schliefst jedes körnig abgesonderte Stück genau an das Nebenliegende. Beide sind durch keinen Zwischenraum von einander getrennt, und man würde sie gar nicht von einander unterscheiden, lägen ihre Axen parallel, und würde daher der Glanz beider Bruchflächen bei gleichem Lichteinfall zurückgeworfen. So ist es im Dolomit nicht.

Jedes Korn ist bei diesem durch die Rhomboederflächen begrenzt, sie können sich daher nur in wenig Punkten berühren, und es bleiben zwischen ihnen mehr oder weniger grofse Öffnungen zurück; die Bruchoberfläche auf welcher die scharfen Kanten der Rhomboeder hervorstehen, erscheinen rauh und sandig; — die ganze Masse sieht oft einem Sandstein ähnlich und wird auch dafür gehalten. Der Zusammenhalt der so wenig sich berührenden Rhomboeder löst sich leicht, und daher zerfällt dieser Dolomit bald, und viel eher, als der dichte Kalkstein darunter. — Am Heiligen Bühel, Gailenreuth gegenüber, bearbeitet man wirklich eine solche Sandgrube, deren Product zum Scheuren und Schleifen von sehr weit gesucht wird; die Schärfe nehmlich der Rhomboeder-Kanten ersetzt was der Härte abgeht.

Bei der sogenannten Rüsenburg unweit Toos, Felsen deren ausgedehnte Hölen am Abhange des Berges frei liegen, geht dieser Dolomit herunter bis in die Tiefe des Thales. Man könnte daher wohl vermuthen, der dichte Kalkstein zwischen Toos und Muggendorf auf der Höhe, müsse diesem Dolomit aufliegen. Ich habe mich überzeugt, dafs auch hier der Kalkstein unter dem Dolomit hervorstehe. Viele Berge, wie Festungen auf der Höhe, welche den Basaltbergen ähnlich, schon von weitem den Dolomit verrathen, würden dies auch schon wahrscheinlich machen, allein in der Gegend des Heiligenbühels

bleibt über diese Auflagerung durchaus gar kein Zweifel (1). Immer bleibt die Masse versteinerungsleer. So sehr grofs auch die Menge solcher Reste, vorzüglich des *ammonites planulites* im Kalkstein seyn mag, so ist doch dies alles verschwunden, sobald man die Hölen betritt; — auch in keiner Beschreibung findet man irgend jemals einer Versteinerung im Gestein der Hölen erwähnt. — Ich habe geglaubt, die Verwitterung, welche so oft organische Formen aus den Gesteinen hervortreten läfst, wo man sie gar nicht vermuthet, würde auch bei diesem darüber entscheiden; und in der That glaube ich, an den steilen, der Luft ausgesetzten Wänden der Gailenreuther Hölen viele Puncte gesehen zu haben, welche durch die Loupe der Form von Ammoniten oder von Turbiniten ganz ähnlich waren. — Sie mögen das Aufbrausen mit Säuren dieser Steine an einzelnen Stellen verursachen. Gröfsere bestimmtere Formen treten aber auch hier nicht hervor.

Zwischen Pegnitz und Herspruck häufen sich diese Dolomit-Kegel und Felsen in solchem Maafse, dafs sie wie Reihen hintereinander fortliegen und die sonst ganz flache Gebirgsfläche auf die wunderbarste Art zerschneiden. Hier waren sie denn auch wirklich nicht unbeachtet geblieben. Herr Brunner erwähnt die Gebirgsart dieser Felsen als eines ganz eigenthümlichen Kalksteins in seinem Handbuch der Geognosie von 1803, und meint ein grofser Theil der Oberpfalz bestehe daraus, und Herr von Voith in Amberg beschrieb sie später (*Moll. Ephemeriden V*, 195.) als eine ganz eigenthümliche, bisher nicht gekannte Gebirgsart, und verfolgte ihr Vorkommen in dem Theile des deutschen Juragebirges, welches sich in der Oberpfalz ausdehnt, zwischen Ingolstadt, Amberg und Nürnberg. Er hat auch sogar schon die Vermuthung geäufsert, alle Hölen möchten in diesem körnigen Kalkstein vorkommen, daher auch die Muggendorfer und Gailenreuther. Sein Aufsatz, welcher noch viele andere schätzbare Untersuchungen über diese Gebirgsart enthält, hat die Aufmerksamkeit der Geognosten nicht erregt.

---

(1) Wird aber diese Auflagerung wohl durch die ganze Erstreckung dieser Massen sich gleich bleiben? Mag wohl der Dolomit, der bis zum Thalgrunde herabreicht, auch noch Kalkstein zur Sohle haben?

III.

Dolomit in Aichstaedt.

Lagerung der Pappenheimer und Solenhofer Schiefer.

Dafs die Fischabdrücke und die von Krebsen und Insecten in den Solenhofer und Aichstädter Schiefern, in einem Gesteine sich fänden, welches auch noch der Juraformation angehöre, hat man wohl immer vermuthet; doch giebt es durchaus keine Nachricht über die Lagerung dieser Schiefer, in Hinsicht der übrigen Schichten des Jurakalksteins. Einige Bestimmtheit liefs sich hierinnen wohl vermuthen, weil man diese sonderbaren Reste sonst auch wohl in anderen Theilen der weiterstreckten Kette würde gefunden haben. Dafs aber vom Dolomit diese Bestimmung ausgehen solle, ist mir unerwartet gewesen, und wie ich glaube, bisher noch nicht beobachtet worden.

Das Juragebirge wird im Aichstädtischen durch eine grofse und breite Spalte zertheilt, durch welche sich die Altmühl schwer, fast ohne Fall, der Donau zu windet. Der Flufs geht bei Treuchtlingen hinein, wird dann fortgesetzt von beiden Seiten durch senkrechte Felsen begleitet, und verläfst sie wieder bei Kelheim unweit der Donau. — Wenn man die Abhänge des Thales untersucht, so findet man unten denselben dichten graulichweifsen Kalkstein, der überall die Juraformation auszeichnet. Sogleich auch den characterisirenden *Ammonites planulites* und viele andere nicht bestimmbare Reste von Schaalen. Der Kalkstein ist splittrig im Bruch, völlig matt, und enthält nicht selten, fast überall kleine ehemalige Schwefelkiespuncte, welche nun in den meisten Fällen zu Brauneisenstein verändert sind. Man findet sie leicht, weil sie oft über Zollbreite von einer durch ihre gröfsere Weifse auffallenden Atmosphäre zirkelförmig umgeben sind. Oft ist dann der braune Punkt in der Mitte nur durch die Loupe zu erkennen, oft auch gar nicht mehr. — Dieser Kalkstein ist 5 bis 6 Fufs hoch geschichtet und liefert deshalb in dem grofsen und merkwürdigen Steinbruche unter der Wilibaldsburg bei Aichstaedt Blöcke von einer so colossalen Gröfse, wie vielleicht in ganz Deutschland nicht wieder.

Diese Schichten bilden aber keine Felsen. Etwa 30 Fufs höher im Thale liegt darauf der feinkörnige, zellige Dolomit, dem von

Muggendorf ganz ähnlich; und nun stehen auch im Thale die Felsen hin, wie oben auf dem Gebirge von Streitberg und Pegnitz. Das Thal ist an vielen Orten ganz unersteiglich, und die Strafsen können in der ganzen Länge nur in Seitenthälern heraufgeführt werden. Oft glaubt man in der Ferne weit vorspringende Basaltsäulen zu sehen, wie an den Schlössern von Kipfenberg und Arnsberg. Immer fehlt ihnen alle Spur von Schichtung, ohnerachtet man die Felswände wohl bis 200 Fufs entblöfst sieht. Hat man die Höhe dieser Felsen erreicht, so scheint das Gebirge oben eine Ebne, auf welcher kaum noch einzelne Kegel hervorstehen. Dann ist alles mit den dünnen stroh- und isabellgelben Platten der Solenhofer Schiefern bedeckt, welche in so grofser Menge die Fischabdrücke, die Insecten und Krebse enthalten. Unten findet man sie dagegen niemals, sondern nur, wenn man die hohe Dolomitschicht überstiegen hat. Daher liegen auch die gewaltigen Solenhofer Steinbrüche ganz oben auf dem Gebirge, und sind von vielen Meilen her sichtbar. Fischabdrücke hat man in den unteren dichten Juraschichten noch niemals gesehen, dagegen wieder die Ammoniten in den oberen Platten nur ganz klein und sehr selten, und Terebrateln, Pectiniten und Chamiten niemals. Der Dolomit scheidet daher zwei wesentlich verschiedene Naturen. Die einzige, den oberen Platten eigene Muschelversteinerung ist der räthselhafte *Tellinites problematicus* und *Solinoides*, welche bis jetzt nach Parkinson's und Schlottheim's Zeugnifs unter den Versteinerungen noch nichts ähnliches gefunden haben, und in den unteren Kalkschichten nicht vorkommen.

Auch nur in diesen oberen Solenhofer Schiefern, über dem Dolomit, hat man die von Sömmering beschriebene fliegende Eidechse gefunden. Es ist freilich sehr auffallend, wie zwei in ihrer Lagerung so wenig entfernte Schichten, als die untere ammonitenhaltige und die obere Producte enthalten können, welche einer so ganz verschiedenen organischen Welt angehören; ohnerachtet man beide doch kaum von einerlei Hauptformation trennen kann. Selbst aufserordentlich schöne Abdrücke von Libellen, von einer Gröfse wie sie in unsern Climaten nicht mehr vorkommen, die Schlottheim nicht gekannt hat, finden sich in den, an solchen Abdrücken vorzüglich reichen Stein-

brüchen von Wintershof bei Aichstaedt. Der Canonicus Halledel in Aichstaedt bewahrt davon ein vortreffliches Exemplar mit den Flügeln aufrecht; die Akademie in München einige andere mit ausgebreiteten Flügeln (1).

Der Dolomit in Aichstaedt ist also darin denen, im Gebirge von Streitberg ganz ähnlich, dafs er über den wesentlichen Schichten des Jurakalksteins liegt; aber darin unterscheidet er sich, dafs er hier sich über grofse Flächen verbreitet und von den Solenhofer Schiefern bedeckt wird. Alle Schichten haben eine sanfte, fast unmerkliche Neigung gegen Süd- oder Süd-Ost. Daher treten sie in Nord- und Nord-Ost hervor; und deshalb sieht man, auf der Strafse von Aichstaedt nach Weissenburg, nach und nach alle Schichten auf der Höhe des Gebirges, welche am Abhang des Thales der Altmühl von oben herab vorkommen. Die fischhaltenden Platten verlieren sich nahe jenseits Rupertsbuch, und der Dolomit darunter tritt an der Oberfläche hervor, und bildet nun die Oberfläche, fast ohne Felsen bis zur Capelle von St. Thomas oberhalb Rotenstein. Da erscheinen die unteren ammonitenführenden Kalkschichten bis zum Abhange des Gebirges nach Weissenburg, wo der braune Sandstein darunter hervorkommt. In dieser Streichungsrichtung und Breite zieht sich der Dolomit durch einen grofsen Theil des Aichstaedtischen hin, bis zur grofsen Unterbrechung durch das Thal von Berlingries und Berching, in welchem der unterliegende Sandstein überall unten im Thale erscheint. — Dagegen setzt er in der Fall-Ebene viel weiter, erreicht selbst die Ufer der Donau und bildet bei Abach ober Regensburg auf das Neue eine ganze Sammlung „colossaler Pyramiden und Obe-„lisken, welche dem Wanderer Schrecken erregen." Flurl über die Gebirgsformation in Bayern 333. Die Solenhofer Schiefer setzen nicht so weit fort. Schon bei Nassenfels, eine Meile von

(1) Mehrere von denen, in diesen Schiefern vorkommenden Crustaceen sind von Schlottheim beschrieben worden, Nachträge zur Petrefactenkunde, 1822, und von Desmarest, *Histoire naturelle des Crustacées fossiles*, 1822. Der letztere bemerkt, dafs sie bisher die, von den lebendigen am meisten abweichende Formen gezeigt haben; ein ganz neues Genus *Eryon Cuvieri* (p. 129.) und eine Art Limulus *(L. Walchii p. 139.)*, ein Geschlecht dessen Arten europäischen Küsten fremd sind.

Aichstaedt, hören sie auf, und der unterliegende Dolomit erreicht nun freiliegend die Ufer der Donau bei Neuburg, welche auch das ganze Gebirge beendet.

Die Regelmäfsigkeit der Lagerung in diesen drei, unter sich so verschiedenen Formationen des dichten Jurakalksteins, des körnigen Dolomit und der Pappenheimer Schiefer darüber, ist daher unverkennbar; und man sieht keinen Grund, sie von der Hauptformation, der des Jura, zu trennen. Um so mehr nicht, da die Breite dieses Kalksteingebirges in seiner ganzen Erstreckung so genau bestimmt ist, und Dolomit und die darüber liegende Schiefer doch nirgends über diese Breite hinausgreifen, wie es eine, vom Jura gänzlich verschiedene Formation wohl thun würde. — Das unterscheidet die Pappenheimer Schiefer ganz wesentlich von den Oeninger Schiefern am Bodensee, mit denen man sie und ihre Producte noch häufig zu vergleichen pflegt. Die letzteren gehören den, in eingeschlossenen Räumen abgesetzten Braunkohlen-Formationen; sie liegen unter dem lockeren Gerüll, welches ganz Oberschwaben bedeckt, und stehen durchaus mit gar keiner Hauptformation in Verbindung. Auch sind alle organische Reste, welche sich darinnen finden, solche die dem festen Lande angehören, Blätter sogar von mannigfaltigen Dycotelidon-Bäumen. So etwas enthalten die Pappenheimer Schiefer niemals; und vom festem Lande nur höchst seltene Reste von geflügelten Geschöpfen, welche das Land freiwillig verlassen und weit in die See herausgeführt werden können.

Herr Vogel in München hat auf meine Bitte mehrere der Aichstädter Dolomite chemisch zerlegt. Stücke von Aichstädt selbst, isabellgelb und mit vielen weissen Kalkspathpuncten, die sich nicht ausscheiden liefsen, brausten in Pulvergestalt so mächtig mit Säuren in die Höhe, als wenn die Säure auf Hirschhorn oder Austerschaalen oder überhaupt dort einwirkt, wo eine animalische Substanz zugegen ist. Es ist auch wohl glaublich, dafs noch viele, dem Auge unbemerkbare Muscheltheile diesem Dolomit eingemengt seyn können. Bläulich grauer Dolomit von Rupertsbuch dagegen, brauste fast gar nicht. Auch bemerkte Herr Vogel bei der Auflösung der Aichstädter Stücke eine feine Haut auf der Flüssigkeit, welche sich auf dem Auflösungen anderer Dolomite nicht fand. Die Auflösungen in verdünnter

Salpetersäure zur Trockne abgeraucht, in Wasser wieder aufgeweicht, und durch caustisches Ammonium gefällt, liefsen in beträchtlicher Menge Talkerde fallen, welche mehr als ein Drittel des Ganzen betrug. Das specifische Gewicht bei vierzehn Grad Reaumur des bläulich grauen Dolomits von Rupertsbuch war 2, 938, des gelben von Aichstaedt 2, 79. — Der noch viel reinere von Nassenfels, welcher bei der Auflösung einen fast unbemerkbaren Bodensatz zurückläfst, ist wegen seiner Porosität zu Bestimmung der specifischen Schwere nicht tauglich. —

IV.

Dolomit am Brenner.

Es kann wenig Zweifel unterworfen seyn, dafs die Dolomite auf der Strafse des Brenners, welche Dolomieu zuerst beobachtete, Lager im Glimmerschiefer bilden. Ich habe sie jedoch nicht in ihrer ganzen Erstreckung verfolgt. Sie finden sich, von Inspruck her zuerst über Steinach, bei dem Dorfe Stafflach, wo die Sill durch die Spalte einer Nebenkette hervorbricht. Diese Kette trennt sich von den Gletschern über dem Stubaythale und läuft mit einem ausgezeichneten Grat bis weit unter Zell im Zillerthale vor. Die Schichten sind der Richtung der Kette völlig gleichlaufend h. 3. von Süd-West in Nord-Ost, und fallen gegen funfzig Grad gegen Nord-West. Ihre Köpfe stehen daher mit grofsen Abstürzen gegen das Innere des Gebirges, gegen Süd-Ost und bestimmen den Thälern in der Gschniz, von Dux und dem mittleren Theile des Zillerthales ihren Lauf. In dieser Kette findet sich vorzüglich der Dolomit in gewaltig mächtigen Lagern zwischen dem Glimmerschiefer, weniger bei Lueg oder auf der Höhe des Brenners. Bei Sterzing aber, scheint er nicht mehr vorzukommen; auch nicht in den Glimmerschiefer-Gebirgen, gegen das Pusterthal. Dieser Dolomit unterscheidet sich vom körnigen Kalkstein sehr leicht durch seine gelbe Farbe, und durch grofse Feinkörnigkeit. Durch Verwitterung tritt diese gelbe Farbe noch mehr und deutlicher hervor; oft möchte man eine Ausscheidung der Talkerde vermuthen, welche als ein feines Pulver den Stücken aufliege, und die ganze Strasse wird durch sie ausgezeichnet gelb gefärbt. Kalkspath ist fast

jedem Stück eingemengt; kaum je ist er so feinkörnig als der Dolomit in dem er liegt, blaulichweifs, sehr durchscheinend, und scharf umgränzt und von der Dolomitmasse geschieden. Dadurch schon allein ist es deutlich, wie beiden eine gänzlich verschiedene Natur zukomme, und wie ein Übergang aus einem in den anderen nicht vorausgesetzt werden kann. Glimmer oder Talkblättchen sind diesem Dolomit fast jederzeit eingemengt, wodurch er sich gar sehr und leicht von denen in Flözgebirgen unterscheidet. — Sehr sonderbar ist es, wenn man ihn in Verbindung mit Quarz auffindet. Dann erscheint der Dolomit in unendlich viel Risse und Klüfte zerspalten, in welchen der Quarz in Krystallen angeschossen ist. Die Klüfte zertheilen die Masse in wahre mannigfaltig gebogene Schaalen: einzelne Stücke hängen noch ganz frei in dem leeren Raum; andere, welche noch in ihrer vorigen Verbindung mit dem Ganzen fortgeführt werden können, sind jetzt vom Quarz als Bruchstücke umschlossen. In einigen Klüften steigen Dolomit-Rhomboeder über einander in Fäden auf, wie in den durch Humboldt bekannt gemachten mexicanischen Braunspäthen. Der Quarz durchsetzt aufserdem in häufigen Trümmern den Dolomit, nie aber dieser den Quarz. Es scheint dieser Quarz etwas später Zugetretenes, was gewaltsam in den Dolomit eindringt und ihn verändert.

Von welcher Art und Natur jedoch, welches die geognostischen Verhältnisse, der, zwischen Inspruck und dem Brenner, wie Inseln zwischen dem Glimmerschiefer aufsteigenden unglaublich schroffen und steilen Dolomitreihen seyn mögen, ist noch nicht hinreichend erforscht. Eine dieser Reihen erhebt sich über der Waldrast bei Matrey 7733 Fufs über das Meer zum hohen Serlesberg und setzt fort südöstlich hin, zwischen den Thälern der Gschniz und von Stubay bis zur Habichtspitze, mehr als vier Stunden weit. Die andere erhebt sich mit dem Saileberg zwischen dem Stubay und Senderthale und zieht sich wohl zwei Stunden weit fort. Sie sind ganz vom Glimmerschiefer umgeben, scheinen aber doch nicht mit ihm zu wechseln. Auch ist diese Dolomitmasse von eingemengten Glimmer- und Talkblättchen ganz frei. Ähnlich sind die grofsen Berge im Vintschgau ostwärts von Mals, ähnlich der Sasso Bianco auf dem Bernina.

V.

Dolomit im Fassathal.

Noch kein Naturforscher hat das Fassathal betreten, ohne von dem Anblick der hohen, weißsen, zackigen Felsen, welche dieses merkwürdige und lehrreiche Thal von allen Seiten umgeben, in Erstaunen gesetzt worden zu seyn. Ihre senkrechte Spalten zertheilen sie in so wunderbare Obelisken und Thürme, daß man umsonst sich bemüht sich zu erinnern, in anderen Theilen der Alpen etwas ähnliches gesehn zu haben. Glatte Wände stehen ganz senkrecht mehrere tausend Fuß in die Höhe, dünn und tief abgesondert von anderen Spitzen und Zacken, welche ohne Zahl aus dem Boden heraufzusteigen scheinen. Oft möchte man sie mit gefrornen Wasserfällen vergleichen, deren mannigfaltige Eiszacken umgedreht und in die Höhe gerichtet sind. Nirgends bricht eine Zerspaltung in anderer Richtung das Senkrechte dieser Linien; und die meisten erheben sich bis weit in die Region des ewigen Schnees.

Daß sie alle aus weißsem und kleinkörnigen Dolomit bestehen, und nur aus Dolomit; daß zwischen ihnen Kalkstein niemals vorkommt, muß unsere Aufmerksamkeit auf das Höchste erregen. Denn ihre Lagerung unterscheidet sie so weit, als die colossale Form ihres Äußern, von allen bisher betrachteten Dolomiten. Sie liegen mitten im Porphyrgebirge, und man kann es ziemlich als Gewißheit betrachten, daß da, wo der Porphyr oder die ihm verwandten Gebirgsarten nicht mehr vorkommen, auch diese Pyramiden und Spitzen verschwinden, und mit ihnen der Dolomit. Der einfache, dichte, versteinerungsführende Kalkstein wird dann wieder herrschend. — So lehrt es das Gebirgs Profil von der Eysack bis über das Fassathal hin.

Die Eysack, von Collmann unter Clausen, bis Botzen, läuft in einer ungeheuren Spalte fort, welche das Porphyrgebirge des südlichen Tyrols in seiner ganzen Ausdehnung zertheilt. Es ist rother Porphyr, der in einer feinsplittrigen Grundmasse von Feldspath kleine röthlichweiße, perlmutterglänzende nur durchscheinende, nicht durchsichtige Feldspath-Krystalle umschließt, weniger muschligen, grauen, glänzenden Quarz in Bipyramidaldodecaëdern, und selten Hornblende

oder Glimmer in wenig deutlichen, niemals scharfumgränzten Blättchen. Dieser Porphyr bildet, von Meran bis nach Clausen, eine grofse Kuppel, ein sanft erhobenes Gewölbe, auf welchem keine Erhöhungen besonders hervortreten. Das würde man nicht glauben, wenn man die senkrechten schreckenden Felsen unter Collmann fast einen ganzen Tag lang vor Augen hat. Allein man sieht es deutlich, wenn man sich dem Porphyrgebirge gegenüberstellt, etwa auf den Bergen, welche das Thal von Botzen vom Val de Non trennen. Dann verschwinden in der Ansicht die Spalten, durch welche die Eysack, der Talferbach und viele andere Nebenbäche herabstürzen, so gänzlich, dafs man nur mit vieler Mühe ihren Lauf durch hin und wieder wenig hervorspringende Theile der steilen Felswände verfolgen kann. Diese grofse und tiefe Spalten fallen in der Ansicht des Ganzen nicht mehr auf, als ein Rifs in einem Kirchengewölbe thun würde. — Der Porphyr hebt sich deutlich an den meisten, ihn begränzenden Gebirgsarten herauf; man sieht ihn kaum andere Gebirgsarten bedecken; selbst der Granit, mit dem er südlich von Meran, zwischen dem Ullensthal und Tisens, in Berührung kommt, unterteuft ihn nicht; nur der Glimmerschiefer erscheint darunter auf etwa eine halbe Stunde Länge unterhalb Collmann. Schwerlich würde aber dieser Glimmerschiefer unter der ganzen Masse des Porphyrs sich durchziehen. Aber, wie bei Basaltbergen, so sind auch hier die ersten Schichten, ehe der Porphyr ganz herrschend wird, gewöhnlich Conglomerate aus Stücken der Gebirgsart selbst, mit eckigen Stücken von dem Gestein vermengt, Glimmerschiefer oder Granit, welche man eben verlassen hat.

Es wäre daher den Beobachtungen nicht zuwider, so wie einzelne Basaltberge, so auch diese ganze, über viele Quadratmeilen ausgedehnte Masse aus der Tiefe erhoben zu glauben. Durch die Vertheilung über einen gröfseren Raum würde sich das ungeheure Gewölbe zu Thälern gespalten haben, und durch die Reibung an den Rändern bei der Erhebung hätten sich die Conglomerate aus Stücken der Massen gebildet, aus welchen sie selbst bestehn, und der Gebirgsarten, unter denen sie hervorkommen.

Von Collmann steigt man an einer Wand dieses Porphyrs etwa zweitausend Fufs senkrecht vom Thale herauf, bis Castlruth. Dort

hat man die obere Fläche des Gewölbes erreicht, und deutlich sieht man es in das höhere Gebirge ostwärts hineinschiefsen. Nun liegen unmittelbar darüber Schichten von röthlichbraunem und rothem Sandstein, völlig dem norddeutschen bunten Sandstein ähnlich, und offenbar ein Product des darunter liegenden Porphyrs selbst; denn sogar die darinnen eingewickelten Feldspathkrystalle finden sich im Sandstein wieder. Diese Sandsteinschichten neigen sich, wie die Oberfläche des Porphyrs, ostwärts in das Innere der Berge; ihre Köpfe und Abstürze stehen also gegen das Thal. Sie setzen gegen 800 Fufs in senkrechter Höhe fort, gegen die Seifser Alp hinauf; und wechseln dann mit ganz gleich gelagerten Schichten von Kalkstein. Unten enthalten sie keine Spur von Versteinerungen; — wenn sie aber dem Kalkstein näher kommen, umschliefsen sie Mytuliten in Menge, eben solche Versteinerungen, als der Kalkstein selbst enthält. Dieser Kalkstein ist dünn geschichtet, einen bis anderthalb Fufs hoch, dicht, rauchgrau, feinsplittrig, und enthält nicht selten Feuerstein in Nieren und kleinen Lagern. Einige Schichten von rothem Sandstein folgen auf das Neue; dann körniger weifser Dolomit, wenig mächtig; endlich das merkwürdige Augithgestein, welches bald an Porphyr, bald an Basalt erinnert, und in diesen Bergen unzähligemal seine Form und innere Zusammensetzung wechselt. Es ist nie roth, wie der Porphyr darunter, sondern stets von sehr dunkeln Farben; es enthält keinen Quarz, wie dieser Porphyr, dagegen aber Augith in Menge, und wahrscheinlich als wesentlichen Bestandtheil der Grundmasse. Wieder unterscheidet es sich von allen Gesteinen der Basaltformation durch die fast stete und wesentliche Anwesenheit des Feldspathes in kleinen, nicht glasigen und nicht durchsichtigen Krystallen. Da sich nun diese Gesteine über ganz Europa in völlig gleichen Verhältnissen verbreiten, und wahrscheinlich eine der wichtigsten Formationen in der Geognosie bilden, so scheint es mir, dafs man viel Verwirrung und Verwechslung mit andern Porphyren vermeidet, wenn man dieser ganzen Formation einen eigenen, nur ihr eigenthümlichen Namen giebt. Ich nenne sie Augith-Porphyr, weil der Augith zuerst in dieser Gebirgsart hervortritt, und ihr wahrscheinlich auch die sie auszeichnende dunkle Färbung giebt.

Mit diesem Gestein erreicht man die letzte Stufe unter der Seifser Alp. Nun aber, ganz oben an der Fläche der Alp, zertheilt es sich in grofse kugelförmige Massen, welche aus grofsen Schaalen um einen Kern her, bestehen. Inwendig dicht, am Rande ganz blasig, mit Blasen den Krümmungen der Schaalen gleichlaufend. Die grofsen Kugeln sind durch schwarze kleine Brocken desselben Gesteins nur locker mit einander verbunden. Wahre Schlacken liegen in Menge dazwischen, und diese umgeben nicht selten Stücke von Kalkstein und Dolomit. So ungefähr sieht Madera aus im Innern, oder Gran Canaria. Auf der Höhe der Seifser-Alp, einer Fläche von fast einer Meile Länge, ist gar nichts Festes mehr zu finden. Der ganze Boden, überall wo er entblöfst erscheint, besteht nur aus lockeren Rapilli in unregelmäfsigen Schichten, die sich in mannigfaltigen Krümmungen neigen. Über solche Fläche steigen die weifsen, schreckenden, unersteiglichen Dolomitfelsen in die Höhe. Sie setzen fort, eine oder zwei Stunden weit; dann hören sie plötzlich auf; der Augith-Porphyr erscheint wieder ohne auffallende Felsen. Dann fängt eine neue Dolomitreihe an, welche wieder von einer folgenden, durch viele tausend Fufs tiefe Abstürze, gänzlich getrennt ist. Jenseits der Dolomite, in das Fassathal herunter, trift man wieder dieselbe Folge der Gesteine; zuerst den Augith-Porphyr; darunter dichten, rauchgrauen Kalkstein mit Muschelversteinerungen, tiefer gar mächtig, und in vielen Schichten den rothen feinkörnigen und schiefrigen Sandstein; endlich den rothen Porphyr zwischen Moëna und Sorega. Aber auf dieser Seite neigen sich alle Schichten, der Neigung der vorigen gerade entgegengesetzt; nicht mehr ostwärts, sondern gegen Westen und wieder scheinbar unter den Dolomitfelsen in den Berg hinein. Und so habe ich es jederzeit gefunden. Immer fallen die unteren Schichten den Dolomitfelsen zu, und ihre Abstürze sind gegen den Abfall des Gebirges gekehrt. Ohnerachtet nun der Augith-Porphyr darauf liegt, so sieht man doch Sandstein oder Kalkstein nie unter ihm fortsetzen. Wohl aber geht er sichtlich an mehreren Orten an diesen Gebirgsarten die Tiefe herunter. Der südliche Abhang des Duronthales bei Campidell zeigt dies mit der gröfsten Deutlichkeit. Es ist hier ganz klar, wie der Augith-Porphyr sich aus dem Innern hervorhebt und nur mit den Köpfen über die unteren Schichten

herauftritt. — Dann aber folgt auch, dafs die drüberstehenden kühnen und furchtbaren Dolomitspitzen durch ihn in die Höhe gehoben, zerspalten und zerborsten sind. Wie könnten solche Formen auch anders, als durch so gewaltsame Mittel aus den Händen der Natur kommen!

In der That liegt durch die ganze Länge des Fassathals hin der Augith-Porphyr stets unmittelbar unter dem Dolomit und scheidet ihn von den darunter liegenden Schichten, und, ich wiederhole es, Dolomit kommt nirgends vor, wo ihn nicht der Augith-Porphyr begleitet. Aber dieser liegt auch völlig darinnen. Die enge Kluft des Cipit, welche durch die in ihr vorkommenden vortrefflichen Drusen von Ichthyophthalm bekannt ist, eröffnet tief das Innere des Schlern eines unglaublich steil gegen Botzen abfallenden Dolomitberges. Im Innern der Kluft sieht man überall den Augith-Porphyr anstehen, in ganz unregelmäfsigen Formen, bis in die Tiefe herunter. Grofse Dolomitmassen, ganze Felsen, sind hier von Augith-Porphyr völlig umgeben, und dieser steigt wieder gar weit in dem festen Dolomit herauf. Er geht aber nicht bis zu dem äufsern Absturz des Schlern gegen Westen hin fort; man sieht auf das Überzeugendste den Dolomit ihn gänzlich umgeben; welches gar nicht seyn könnte, wenn dies porphyrartige Gestein eine regelmäfsig gelagerte Schicht wäre. Noch mehr; man sieht es in der Kluft des Cipit bis zu einer solchen Tiefe anstehen, dafs wäre es söhlig fortgesetzt, es am äufseren Abhang schon bei den oberen Häusern von Seifs hervorkommen müfste; viele hundert Fufs unter den Stellen, wo man den Augith-Porphyr aufserhalb wirklich zuerst anstehend findet.

So ist also der Augith-Porphyr eine Masse, welche durch alle übrige Schichten wahrscheinlich gewaltsam heraufsteigt, und oben die weifsen Dolomitspitzen trägt.

Der Dolomit im ganzen Fassathal fällt mächtig auf, durch seine grofse Weifse, und durch das Körnige seines Gefüges. Er weicht in Beiden nur manchen primitiven Kalksteinen, und dafür ist er denn auch meistentheils gehalten worden. Nie ist ihm irgend ein anderes Fossil beigemengt, am wenigsten irgend eine Versteinerung. Die kleinen Hölungen, welche mit Rhomboëdern besetzt sind, durchziehen auch hier die ganze Masse, und tragen nicht wenig bei, ihr ein rauhes und

trocknes Ansehn zu geben. Diese Hölungen werden gar oft und fast in jedem Block zu unregelmäfsigen Klüften und Zerberstungen, welche die trefflichsten, glänzenden Braunspath-Drusen umschliefsen. Das Licht der Sonne spiegelt sich auf den glänzenden Flächen, und verräth von überall umher diese Drusen, welches höchst überraschend ist, wenn man sich mitten zwischen solchen Felsen befindet. In der That sind diese Klüfte den Zerberstungen vollkommen ähnlich wie man sie an Kalksteinen in ausgebrannten Kalköfen sieht; und wenn man von la Cortina im Thale von Ampezzo nach Toblach ins Pusterthal herüber geht, wo auf dem Passe, fast zwei Meilen lang, die Dolomitfelsen senkrecht umherstehen, und Blöcke wie Berge unten im Grunde zerspalten und aufgehäuft liegen, so möchte man gern glauben, in den ungeheuren Heerd eines solchen Ofens versetzt zu seyn: so gehäuft sind die Drusen, so grofs, unregelmäfsig und rauh die Klüfte, welche sie enthalten. Wie offenbar scheint dies nicht alles eine Wirkung der hohen Temperatur, mit welcher der Augith-Porphyr unterliegende Schichten durchbricht, den Dolomit zu senkrechten Säulen, Pyramiden und Thürmen in die Höhe stöfst; (wie der Basalt) die dichten Gesteine zu körnigen umändert, und dadurch alle Spur von Schichtung vernichtet, Versteinerungen zerstört und Zusammenziehungen, Klüfte und Zerberstungen bildet, in welchen Drusen hervortreten. Wie deutlich scheint es nicht, dafs es der stets unter dem Dolomit, über dem rothen Sandstein vorkommende dichte Kalkstein sei, welcher auf solche Art behandelt und verändert wird. Wirklich sieht man noch fast überall in den Dolomitstücken, welche die Bäche von oben herunterführen, eckige Stücke in grofser Zahl, theils gröfsere, theils so kleine, bis sie endlich verschwinden, welche dichte Kalksteine zu seyn scheinen, die noch nicht völlig zu Dolomit umgewandelt sind. Aber dieser Kalkstein enthält die Talkerde nicht. Sollte sie aus dem Augith-Porphyr, der im Augith von Talkerde eine bedeutende Menge enthält, in die Masse eingedrungen seyn, so begreift man doch immer nicht, warum diese Erde allein, warum nicht auch Kieselerde in die neue Vereinigung hätte eingehen sollen, und dann auch, wie so regelmäfsig die Talkerde durch so ungeheure Massen sich hat verbreiten können. — Sollte überhaupt der Augith-Porphyr die Talkerde zu liefern im Stande seyn, so hätte man ähnliche Wirkungen

auch vom Basalt erwarten mögen, welcher an den Küsten von Antrim die Kreide durchsetzt und sie zu körnigem Kalkstein verändert. Allein dieser Kalkstein braust lebhaft mit Säuren, und enthält auch, nach Hn. Heinrich Rose Untersuchung einiger Stücke von Tennantsdyke am Divisberge bei Belfast, gar keine Spur von Talkerde.

Dies sind Schwierigkeiten, welche zu lösen die Beobachtungen nicht hinreichen. Immer aber können sie die Schlüsse nicht aufheben, durch welche der Dolomit für ein hervorgestoſsenes Product des Augith-Porphyrs erklärt wird, wenn auch die Art und Entstehung der Talkerde darinnen ein Räthsel bleibt. Das Fassathal liefert fast in jedem seiner einzelnen Thäler neue Belege und Thatsachen für die Annahme dieser Wechselwirkung beider Gebirgsarten auf einander.

Dieser Dolomit erstreckt sich noch weit über das Fassathal hinaus, zwischen dem Pusterthal und Italien hin, immer in ähnlichen Formen und Verhältnissen. Seine unersteiglichen Spitzen umgeben wie groſse Inseln, mit schmalen Canälen dazwischen, den oberen Theil des Grödnerthals, das Thal des Gaderbachs unter Colfosco, die Thäler von Buchenstein, Ampezzo und Toblach; sie bilden den südwestlichen Abhang des Sextenthals und ziehen nun ganz in das Italienische hinein, gegen die Piave, wohin sie noch nicht verfolgt worden sind. Nicht immer sieht man jedoch den Augith-Porphyr, welcher doch wahrscheinlich im Innern aller dieser Massen steckt. Gegen die Seite des hochliegenden Pusterthals erscheint zuerst unter dem Dolomit der dichte rauchgraue Kalkstein, dann der rothe Sandstein in groſser Mächtigkeit bis in die Tiefe des Thales. Man würde noch tiefer den Porphyr darunter finden, wäre das Thal tief genug entblöſst. Er zeigt sich wirklich in dieser Lage, da wo die Thäler tiefer herab gehen, im Gailthal gegen Luckau, bei Raibl in Cärnthen, unter dem Terglou in Crain.

Der rothe Sandstein verräth allemal in den Alpen den unmittelbar darunter liegenden Porphyr; es ist das Rothe Todte, welches aus der Reibung entsteht das die Hervorhebung der Porphyre begleitet. Daher kann man diesen rothen Sandstein auch nur als ein, vom Porphyr abhängiges Gestein betrachten, und keinesweges umgekehrt den Porphyr als dem Rothen Todten untergeordnet ansehen.

So ist es auch westlich von Botzen, am westlichen Ufer der Etsch. Der rothe Porphyr bildet die unteren Hügel und den Fuſs der steilen, in den oberen Theilen ganz senkrechten Wand des Mendelberges, welche sich ohne Unterbrechung auf diese Art vier Meilen weit gegen Süden herabzieht. Da wo der Berg steiler anfängt aufzusteigen, erscheint der rothe Sandstein wieder, mit Neigung der Schichten in die Wand hinein, mit den Köpfen hervor. Er ist wohl 400 Fuſs mächtig. Dann liegt unmittelbar darauf der weiſse, körnige Dolomit, und nun sind die Felsen ganz unersteiglich. Dieser Dolomit bildet gegen das Val de Non, wohin die Schichten des Sandsteins sich neigen, einen fortgesetzten, nicht unterbrochenen Abhang, bis Fondo im Thal, wo rother Sandstein wieder darauf folgt. Auch auf der westlichen Seite des Val de Non erhebt sich dann wieder eine ähnliche Wand von Dolomit mit sanftem Abhang gegen Westen, bis zu einer Linie, welche von Caldas im Val de Sol unter dem Rabbithal bis nach Meran gezogen werden kann, an welcher ihn Gneus und Glimmerschiefer begrenzen.

Dieser Dolomit vom Mendelberg bei Botzen ist vom Professor Gmelin in Heidelberg chemisch zerlegt worden. Seine specifische Schwere bei zwölf Grad Reaumur war 2, 87. Er löste sich völlig in Salzsäure auf. Die Auflösung, durch Schwefelsäure niedergeschlagen, bis auf ein Geringes abgedampft, filtrirt, dann ganz abgedampft und geglüht, lieſs schwefelsaure Bittererde zurück, welche im Fossil 41, 8 Theile kohlensaure Bittererde gegen 58, 2 Theile kohlensaure Talkerde ergiebt, daher fast genau eben so wie es die gleiche Proportion beider Substanzen verlangt.

Das ist der letzte Dolomit dieser Art, in den Alpen, gegen Westen hin. So wie man in der Schweiz den Porphyr nicht sieht, eben so wenig findet sich diese, hier nur an der Anwesenheit von rothem Porphyr und Augith-Porphyr gebundene Gebirgsart.

Ich glaube, es verdient nicht übersehen zu werden, daſs alle sogenannten vom Vesuv ausgeworfene Kalksteine, ihren äuſseren Kennzeichen und Tennant's und Professor Gmelin's Untersuchungen zufolge, ebenfalls Dolomit sind, und so alle Blöcke, welche am See von Albano bei Rom im Peperino vorkommen. Die vesuvischen

Stücke sind aber auf ganz gleiche Art zersprengt und zerborsten wie die Dolomite von Fassa, und nur in diesen Zerspaltungen liegen als Drusen zuerst die Talk- und Thonerde haltenden Fossilien, dann die Talk- und Kieselhaltigen, endlich die Kieselhydrate. Alle diese Dolomitstücke sind schon längst für veränderte dichte Kalksteine der Apenninen gehalten worden, in welchen jene Fossilien sich erst später durch Infiltration oder Sublimation bilden; dafs es keine abgerissene Stücke primitiver Gebirge sind, geht daraus hervor, dafs sie nie im Innern der Masse eine Spur eines fremden Fossils, Talks oder Glimmers enthalten, welche doch in dem vom Glimmerschiefer umschlossenen Dolomit fast nie fehlen. Aber nach Klaproth's Untersuchungen enthält wieder der Kalkstein der Apenninen durchaus keine Spur von Talkerde.

Über

Dolomit als Gebirgsart.

Von

Hrn. v. BUCH.

Zweite Abhandlung.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 6. Februar 1823.]

In meiner ersten Abhandlung habe ich gezeigt, wie der Dolomit in secundären Gebirgsarten überall wo er vorkommt, aus der Reihe der Gebirgsarten, als etwas zu dieser Reihe nicht Gehörendes, Fremdartiges, hervortritt, und dabei fast überall durch seine kühne Formen sich auszeichnet, welche schon von weit her die Aufmerksamkeit erregen und fesseln. So war es, über den Schichten von rothem Thon und von Gyps am Fufse des Thüringer Waldes in der Gegend von Coburg; so, auf den Höhen des Juragebirges zwischen Bayreuth, Nürnberg und Bamberg. Ich habe gezeigt, wie nur allein im versteinerungsleeren Dolomit die berühmten Hölen der Muggendorfer und Streitberger Gegend vorkommen, wie der Kalkstein keine Hölen enthält, wie dann der Dolomit im ganzen Thal der Altmühl herab, und über einen grofsen Theil des Aichstädter Fürstenthums die gröfsere Masse der Juraschichten von den Solenhofer Schiefern trennt; Schichten, die man, in ihrer Lagerung so wenig von einander entfernt, in verschiedene Hauptformationen nicht zu setzen wagt, und welche doch in den mannigfaltigen animalischen Producten, die sie umschliefsen, auch noch nicht eines aufweisen können, das ihnen beiden gemeinschaftlich wäre, ja welche darin so verschieden sind, dafs man in jeder von ihnen eine ganz neue Welt zu sehen glaubt. Ich habe mich ferner auseinander zu setzen bemüht, wie diese wunderbare Formen des Dolomits im südlichen

Tyrol in ihrer Kühnheit stets zunehmen und endlich alles übertreffen, was die lebhafteste Einbildungskraft sich hätte vorstellen mögen; wie dort dies Erscheinen solcher Gestalten wesentlich an das Hervortreten des Augith-Porphyrs gebunden scheint, und wie am Ende man zu dem Resultat geführt wird, dieser Augith-Porphyr sey es eigentlich, der auf die Schichten des dunkelgefärbten, dichten Kalksteins einwirkend, sie entfärbt, Versteinerungen und Schichten vernichtet, mit Talkerde die Masse durchdringt, sie dadurch zu körnigem Dolomit umändert, und endlich sie als senkrecht zerspaltene Colosse über den Thälern in die Höhe stöfst.

Seitdem habe ich wieder mehrere Thatsachen zu beobachten Gelegenheit gehabt, welche diese Ansichten erläutern und erweitern, und die deshalb einiger Aufmerksamkeit nicht ganz unwerth scheinen.

Von der Entstehung des Dolomits.

Wenn man sich im Fassathale auch auf das Vollkommenste überzeugt hat, dafs die hohen Dolomitspitzen umher aus den veränderten Schichten der unteren Kalkformation entstanden sind; wenn man auch nicht zweifelt, dafs diese verändernde Wirkung vom Augith-Porphyr ausgegangen sey, so begreift man doch nicht leicht, wie gasförmige Talkerde eine Masse, viele tausend Fufs hoch, ganz gleichförmig hat durchdringen und sie durchaus zu Dolomit umändern können.

Auch sind keine der bis jetzt in diesem Thale angestellten Beobachtungen geeignet, dies Räthsel zu lösen. Ich darf es deshalb als eine kleine Entdeckung ansehen, diese Lösung in der Gegend von Trient mit einer Klarheit gefunden zu haben, als sähe man noch jetzt die ganze Veränderung vor seinen Augen vorgehen.

Die Strafse von Trient nach Venedig über Pergine läuft über die Abhänge, welche hier das Etschthal einschliefsen, durch eine plötzliche Unterbrechung dieser, das Thal stets begleitenden Gebirgsreihe. Diese Kluft wird in der Tiefe zu einer wirklichen Spalte, durch welche der Fersina-Bach, an vielen Orten ganz unzugänglich, herabstürzt. Mitten in dieser Einsenkung über der Spalte erheben sich hinter einander zwei weifse Kegel mit unglaublich schroffen und steilen Abhängen,

sonderbare Formen, welche nicht wenig beitragen, der Gegend von Trient ein höchst malerisches Ansehn zu geben. Der nächste und weniger hohe von diesen Kegeln liegt zwischen der Stadt und dem Dorf Pante, und wird von einer Capelle auf seinem Gipfel il dosso di Sta. Agatha genannt. Wenn man gegen diesen Berg, auf der südlichen Seite des Fersina-Bachs, heraufsteigt, so findet man unten im Thale bei St. Bartolomeo noch ganz unerwartet den rothen Porphyr anstehen, von dem man sich, seit man ihn bei Gardolo, unweit Lawis verlassen hat, schon sehr entfernt glaubt. Viele braune Quarzdodecaeder liegen in der braunen Grundmasse, fast weniger weiſse Feldspathkrystalle. Dann erhebt sich eine kleine Felsreihe von dunklen Schichten, gegen sechzig Fuſs hoch, Schichten von wahren Rothen-Todten, die vielleicht noch viel höher unter den, alles bedeckenden Weinbergen hin, bis zu dem, eine Viertelstunde entfernten Fuſs des hohen Dolomitberges von St. Marcello fortsetzen mögen. Rothe Porphyrstücke, Quarze, Grünerde und viele Glimmerblättchen, sind in diesen, in das Innere des Berges einfallenden Schichten, vereinigt.

Dann folgen Schichten von bloſs fleischrothem Kalkstein; mit sanfter Neigung gegen Westen, gegen das Thal herunter, ohngefähr wie der Abhang der Oberfläche selbst. Nun erhebt sich darüber der weiſse Absturz des Kegels von Sta. Agatha von allen Seiten, gänzlich von den übrigen Bergen getrennt, und nur durch Windungen am Abhang ersteiglich. — Ich sahe an den Abstürzen Arbeiter beschäftigt, das Gestein zu sieben, und bloſs nur durch diese Arbeit einen feinen und gleichförmigen Sand zu bereiten, welches eine sehr auffallende Beschäftigung ist, wenn man einen Berg von Kalkschichten vor sich aufsteigen sieht. Wirklich ist das Gestein an diesem Berge so unendlich zerklüftet, daſs es nicht gelingt, Stücke mit frischen, unzerrissenen Flächen zu zerschlagen, welche auch nur von Nuſsgröſse wären. Sehr verwundert über eine so gänzliche Zerrüttung des Berges, habe ich diese vielfachen Klüfte näher untersucht, und, ich läugne nicht, mit freudigem Erstaunen gesehn, daſs alle Klüfte, auch die feinsten, die unbemerklichsten, welche nur der Schlag des Hammers zum Vorschein bringt, doch auf ihrer inneren Fläche gänzlich mit Dolomit-Rhomboedern besetzt waren; eben so, wie man sie in reinem Dolomit zusammenhängend antrifft.

P 2

Solche Krystalle finden sich in den rothen Kalkschichten nirgends, nicht auf Klüften, noch weniger im Innern der Masse. Sie müssen also auf diesen unendlichen Spaltungen etwas neues, zugetretenes seyn. Verfolgt man diese Beobachtung mit einiger Genauigkeit, so wird es nicht schwer, vorzüglich auf dem Gipfel selbst, in der Nähe der Capelle, Stücke zu finden, in welchen die Dolomit-Rhomboeder sich berühren und nun ein körniges Gestein bilden. Die Kalksteinmasse ist dann ganz verschwunden, und mit ihr die Wände; daher auch das ganze Daseyn der Risse und Klüfte.

Diese vorausgehende Zerreissung und Zerklüftung ist es also, welche der kohlensauren Magnesia aus dem Innern die Wege eröfnet, bis in das Tiefste und Verborgenste der Schichten des Kalksteins zu dringen, sich überall mit der kohlensauren Kalkerde zu verbinden, und eine neue Substanz, den Dolomit zu bilden, welcher in Form, in Quantität des Wirkenden, in Natur und Wesen gänzlich vom Kalkstein verschieden ist. Dadurch geht dann auch Schichtung verloren, und es bleiben nur senkrechte Zerspaltungen, Risse und Klüfte zurück.

Davon überzeugt man sich vollends, wenn man den Kegel von Sta. Agatha umgeht; den weifsen Abstürzen gegenüber, von dem Dorfe Oltre Castello herauf, erscheinen an demselben Berge die rothen Kalksteinschichten des Abhanges, hier fast senkrecht, oder doch sehr stark nach Westen geneigt. Diese Schichten setzen also durch den Berg und müssen auf der Seite der Abstürze sich wieder auffinden lassen. Dort aber findet sich nur das mit Dolomit-Rhomboedern zerklüftete Gestein. Sehr wahrscheinlich sind also dieselben Schichten des Berges an einem Ende noch unveränderter Kalkstein, am anderen fast gänzlich Dolomit. — Nicht anders ist der zweite, höhere Kegel la montagna della Celva, der die gröfste Höhe zwischen den Thälern der Brenta und der Etsch bildet. Mit gewaltigem Absturz fallen die Schichten vom Gipfel bis zur Tiefe der Fersina herunter, zuerst mit siebenzig Grad Neigung gegen Westen, dann völlig senkrecht, aber in ihrem Fortlauf sonderbar wellig gebogen, endlich auf dem westlichen Abhang, mit gleich starkem Einschiefsen nach Osten. Wenn man, von Trient herauf, dieselbe Schichten so sanft aufsteigen sieht, so wird man nicht zweifeln, dafs sie in diese gewaltsame Form nur durch gewaltsame

Kräfte gebracht worden seyn können. Noch bequemer und nicht weniger auffallend beobachtet man diese Erscheinung, die unglaubliche Zerklüftung der Schichten und die gänzliche Besetzung der Klüfte mit Dolomit-Rhomboedern auf der grofsen Strafse selbst, die von Pergine nach Trient führt, ganz in der Nähe von Cevizzano, an den ersten Felsen, welche man erreicht, nachdem man diesen Ort verlassen hat. Sie stehen den Schichten des Monte della Celva genau gegenüber und correspondiren völlig mit ihnen. Die höheren Berge in derselben Richtung, welche sich bis gegen 5000 Fufs über die Meeresfläche erheben, die sogenannte Montagna di sopra nördlich über Cevizzano und die lang gezogene Reihe des Monte di St. Marcello zwischen Cevizzano und Vigolo bestehen dann völlig, wie die Berge von Fassa aus reinem, weifsem, körnigem Dolomit, und verrathen es schon von weither aus dem Grunde des Thales durch das kühne Hervortreten der Felsen, durch die blendende Weifse und durch den gänzlichen Mangel an Schichtung.

Dafs es aber auch hier der Augith-Porphyr sei, welcher diese Wirkung hervorbringt, daran wird man um so weniger zweifeln, da man ihn an vielen Orten zwischen den Schichten des Kalksteins hervorkommen sieht. Geht man von Cevizzano die grofse Strafse herunter, so sieht man, etwas über der Kirche von Cognola, eine schnell abfallende Schlucht, mit finsteren schwarzen Wänden zur Seite; und gewifs über vierzig Schritt weit läfst sich dieses Ausgehende in seiner Mächtigkeit verfolgen. Oben, der Dammerde zunächst, bestehen diese Wände aus schwarzem Tuff, Conglomerate aus blasigen Schlacken, mit vielen feinen Trümmern von dichtem Stilbit durchzogen. Dann folgen grofse, schaalig von Tuff umgebene feste Kugeln aufeinander, wie auf der Seifser-Alp, oder wie sie Humboldt an den kleinen Hügeln des Jorullo gezeichnet hat, und wie sie in der That über jede Masse von Augith-Porphyr gelagert zu seyn pflegen, welche sich aus festen Gebirgsschichten hervorhebt. Es ist die Wirkung der Reibung der hervorbrechenden Massen gegeneinander. Das feste Gestein des Porphyrs sieht man bei Cognola nicht, denn die Entblöfsung ist dazu nicht tief genug. Aber es ist aus der Unregelmäfsigkeit und gröfstentheils kuppelförmigen Biegung dieser Tuffschichten wohl sehr einleuchtend, dafs

man sie als ein regelmäfsiges, mit dem Kalkstein abwechselndes Lager durchaus nicht betrachten könne. Sie setzen fast senkrecht in die Tiefe, der Kalkstein aber fällt, seitdem sie erschienen sind, sanft gegen Trento herunter. Diese Massen von Cognola stehen genau dem westlichen Fufs des Dosso di Sta. Agatha gegenüber; in dieser Richtung sieht man sie noch weit fortsetzen, und wahrscheinlich würde man sie unter dem Fufse des Berges selbst noch anstehend finden, würde nicht jede Untersuchung durch die Menge eingeschlossener Weingärten so sehr erschwert, oder auch wohl gänzlich verhindert. Nördlich hin kommen diese Massen noch häufig hervor, und sehr bemerkenswerth ist es wohl, dafs gerade wo sie erscheinen, die sanftere Neigung der Schichten aufhört, und die Berge sich nun schneller und steiler erheben, bis zu den reinen Dolomitmassen der Gipfel.

Was diese Berge von Trento also lehren, läfst sich unmittelbar auf die Colosse des Fassathals anwenden, welche in der Dolomitbildung weiter vorgeschritten, nur den Weg ahnden, nicht mehr verfolgen lassen, auf welchem diese Bildung geschehen ist. Aber auch viele andere Erscheinungen in den Bergen erhalten durch sie ein unerwartetes Licht.

Wie häufig trifft man nicht auf solchen, durchaus zerklüfteten Kalkstein, der vielleicht in der Dolomitbildung noch nicht weit vorgerückt ist, ohne dafs man den, im Innern wahrscheinlich verborgenen Augith-Porphyr als Ursache der Erscheinung anzuführen gewagt, oder auch nur Grund gehabt hätte, an ihn als wirkende Ursache zu denken. Murren, trockne Lavinen, grofse Schuttkegel von weifsen kleinen Gerüllstücken verrathen leicht in höheren Gebirgen solche zersprengte und zerrissene Massen, und nicht selten trifft man dann, ganz in der Nähe, den ausgezeichnetsten Dolomit selbst. So ist es z. B. in der Kalkreihe, welche Bayern von Tyrol scheidet; so besonders in der Gegend von Mittelwald und zu den Quellen der Isar herauf, wo die Mauern an den Wiesen häufig vom schönsten körnigen Dolomit aufgeführt sind.

Wenn man sich der alten berühmten Bergstadt Schwaz im Innthale gegenüber stellt, etwa in der Gegend des Eisenwerks von Jenbach, so sieht man am steilen und hohen Abhange, jenseit, schwar-

zen Kalkstein aus dem Grunde des Thales aufsteigen, mit hervorstehenden Felsen und deutlicher Schichtung, der in der Mitte 3 bis 400 Fuſs in die Höhe steigt, und an den Seiten wie eine Kuppel sanft abfällt, so daſs er im Thale aufwärts, den Boden bei Schwaz selbst berührt, abwärts aber bei dem Dorfe Rotholz. Es ist Transitions-Kalkstein, der Kalkstein des Thonschiefers, in dem bisher noch kein Bergbau geführt worden ist. Wo er aufhört, bildet der Abhang eine Art von Terrasse, auf welcher Dörfer und viele Wohnungen liegen. Da erscheint, vorzüglich in tiefen Schluchten und Tobeln, rother Sandstein, sehr grobkörnige Quarz- und Kalksteingeschiebe, durch ein rothes Bindemittel vereinigt, ein wahres Rothe-Todte, eine mächtige Schicht, welche hinter dem Kalkstein schnell in den Berg hereinsetzt. Nun erheben sich darüber schroff und steil weiſse Berge, an denen sich vom Gipfel an bis zum Fuſs fast unzählige Schuttkegel, Murren herabziehen, Millionen kleine, weiſse Bruchstücke übereinander, welche jeder Regenguſs wie eine flüssige Masse weiter herabführt. Auch nur dann erst sieht man die groſsen Halden, und die Schächte des alten Schwazer Bergbaues an den Felsen in die Höhe. Dieses so mächtig zerrüttete und zerklüftete Gebirge ist aber wirklich nicht mehr Kalkstein, sondern an den meisten Orten schon völlig Dolomit. Von dem unten am Fuſse liegenden schwarzen Kalkstein hat er gar nichts ähnliches mehr. Die Erze, deren Reichthum einst Schwaz so berühmt gemacht hat, waren in diesen unendlichen Klüften versammlet. Daher ist es begreiflich, daſs man nie eine regelmäſsige Lagerstätte der Erze fand, und noch jetzt immer über den Namen verlegen ist, welchen man dieser Lagerstätte beilegen soll. Es geht aber hieraus die wichtige Thatsache hervor, daſs die Ursache, welche den Kalkstein zu Dolomit umänderte, auch die Erze in die Klüfte einführte, denn wo das Gestein auf diese Art nicht zersprengt und verändert ist, da finden sich die Erze nicht. Daher sind auch sie wahrscheinlich von unten herauf in die Gebirgsart gedrungen, und wahrscheinlich durch dieselbe Kraft, welche die Talkerde dem Kalkstein zuführte, durch die Erhebung des Augith-Porphyrs unter der Gebirgskette hin. Zwar ist dieses Augithgestein bei Schwaz noch nicht gesehn worden: aber im Fassathale lernt man hinreichend, daſs der so schnell in den Berg hineinfallende rothe Sandstein, den im

Innern hervorbrechenden Augith, und aufserhalb den durchbrochenen, rothen quarzführenden Porphyr anzeigt.

Die heifsen Quellen von Baden bei Wien dringen aus eben so zerklüftetem Kalkstein, als der von Trento ist; und wenig entfernt erscheint der weifse feinkörnige Dolomit ganz ausgezeichnet und deutlich. Wir mögen also auch hier die Augith-Porphyre in der Nähe unter der Oberfläche vermuthen, und ihnen, eher als dem Kalkstein der umherstehenden Berge, die Entstehung dieser heifsen Wässer zuschreiben.

Nicht anders ist der Bleiberg in Cärnthen. Er bildet, gegen die Ebene und den See von Villach, das letzte ungeheure Vorgebirge von einer Dolomitkette, welche zum Theil in den aufserordentlichsten Spitzen und Thürmen sich zwischen dem Gailthale und dem Drauthale fortzieht.

Oft ist die Dolomitreihe nur ganz schmal zwischen und über dem schwarzen Kalkstein am Fufs des Gebirges, wie über dem Weifsensee gegen Weifspriach; nirgends aber breiter als bei Bleiberg selbst; denn dieses Thal zertheilt die Kette in der Quere auf der Länge von mehr als einer halben Meile.

Diese Zertheilung scheint eine wirkliche Zerspaltung des Gebirges, denn der Fufs des grofsen Bleiberges bis zu ansehnlicher Höhe zeigt von Dolomit wenig, wohl aber den Kalkstein ungefähr, wie er in der Tiefe vorzukommen pflegt. Dagegen besteht der kleine Bleiberg auf der nördlichen Seite des Thales fast durchaus, und vorzüglich am Gipfel, aus sehr schönem, körnigem Dolomit; sehr viele von den höher gelegenen Gruben wurden sonst unmittelbar in dieser Gebirgsart betrieben; und nur die tieferen, bearbeiteten Gänge, welche vorliegende Kalksteinschichten durchsetzen. Nur auf der Seite, auf welcher Dolomit vorzüglich herrschend ist, am kleinen Bleiberge werden Gruben bebaut; an der Südseite in den Kalksteinschichten des grofsen Bleiberges hat man noch nie Erze gesehen. Also auch hier, wie in Schwaz, ist das Erscheinen der Erze an dem Vorkommen des Dolomits gebunden, und auch hier wird man nicht wenig geneigt zu glauben, dafs die Ursache, welche Dolomit zu bilden und zu erheben vermag, auch in den Klüften und Gängen die Erze eindrängt, vorzüglich wenn

man sieht, wie es der ganze Bergbau im äufseren Bleiberg beweist, dafs diese Erze besonders dort vereinigt sind, wo Klüfte und Gänge sich kreuzen, wo also auf den Kreuzen die Öffnungen und Canäle sehr viel bedeutender sind, daher das Aufsteigen von unten leichtere Wege findet, als auf den wenig mächtigen, kaum offenstehenden Gängen selbst; fast so als wie auf dem Westerwald, Basaltgänge dort mächtiger werden und zu freistehenden Kuppen heraufsteigen, wo sie Eisensteingänge durchsetzen, welche ihrer Verbreitung weniger widerstehen, als die feste Gebirgsart selbst. Geht man vom Bleiberg südlich gegen das Gailthal herunter, so trifft man bald auf den rothen Sandstein ganz wie er im Gailthale herauf bis ins Pusterthal fortsetzt.

Der tiefe Leopoldstollen ist auf ansehnliche Länge darin getrieben. Dieses Rothe-Todte setzt, wie überall, schnell in die Tiefe, und scheint hier auf dem Kalkstein zu liegen, weil Gebirgsarten, welche tiefer im Thale herab nach einander erscheinen, ein sonderbarer Diorit mit einem, ihm eigenthümlichen Conglomerat, wahrscheinlich die, schon vorher senkrechten Schichten, bis zum Überstürzen zusammengeprefst haben mögen. Dieses Aufliegen des Rothen-Todten findet man nur am Bleiberg; an anderen Orten des Gailthales nicht, weder bei dem Kloster Luckau, noch auf der Strafse von Kötschach nach Ober-Drauburg, wo der rothe Sandstein den Zusammenhang der Dolomitberge völlig unterbricht, so dafs die nur wenig erhobene Strafse kaum irgendwo Kalkstein berührt.

Untersuchen wir die Verhältnisse anderer Orte in der grofsen Kette der Kalkalpen, an welchen Erze in diesen Bergen bearbeitet werden, so treten uns jederzeit so genau dieselben Erscheinungen entgegen, dafs wir die Resultate, welche aus den Beobachtungen in Bleiberg und in Schwaz zu folgen scheinen, nothwendig für allgemeine, in der ganzen Reihe der Alpen anwendbare, halten müssen.

Die Strafse von Inspruck gen Augsburg hebt sich von Telfs gegen Nassareith über Schichten von dunkelrauchgrauem Kalkstein, der am Fufse der höheren Kette überall in einer Hügelreihe von 800 bis 1200 Fufs vorliegt; Kalkstein der mit dem unterem des deutschen Flözgebirges übereinkommt, und den man oft in deutschen geognostischen Handbüchern Zechstein zu nennen gewohnt ist. Nahe vor

Nassareith trennt ein tiefes Thal diese Hügelreihe, von einer mächtig hoch und schnell aufsteigenden Wand von blendender Weifse. Man sieht wohl, es ist derselbe Kalkstein nicht mehr, aber man ist verlegen zu welcher Formation man ihn eigentlich zählen solle. Ich darf nicht wiederholen, dafs es zerklüfteter, zerborstner und gebleichter Kalkstein ist, wie der von Trient. — Dolomit-Rhomboeder besetzen sogleich diese Klüfte, und Dolomitblöcke liegen in den Wasserrissen umher. Am steilen Abhange dieser Wand hängen die Schächte des berühmten Gallmey- und Bleibergwerks vom Feigenstein. Nicht eher wird diese Erzführung sichtbar als wo die Kalkschichten emporgestofsen, zerrissen und zu Dolomit umgeändert worden sind.

So ist völlig wieder die Lage der Gallmeygruben im Thale von Auronzo über la Pieve di Cadore, fast eben so die, der Gallmeyerze in Raibel.

Da, wo bei Nassareith am Feigenstein die Hügelreihe von schwarzem Kalkstein aufhört, die hohe Dolomitwand sich erhebt, sollte unten der rothe Sandstein, das Rothe-Todte erscheinen, wäre die Gleichförmigkeit mit Schwaz und mit dem Bleiberg ganz vollständig. Man sieht ihn nicht, allein man kann sein Daseyn, selbst nahe unter der Oberfläche, gar nicht in Zweifel ziehen. Bei Schwaz selbst, scheint auch der weifse Dolomit die schwarzen unveränderten Kalkschichten unmittelbar zu berühren, allein mit dem tiefen Stollen, welcher im Kalkstein angesetzt ist, hat man im Innern der Grube das Rothe eben so gefunden, wie es bei Rotholz anstehend ist. An den Isarquellen über Mittelwald kommt dieses rothe Conglomerat häufig hervor, unmittelbar unter den Dolomitbergen, in welchen man auch dort Gallmeyerze bebaut hat. — Diese Einlagerung des Rothen-Todten über dem Kalkstein, welcher dem Zechstein analog ist, könnte wohl manchem Geognosten den bisher bekannten Gesetzen nicht gemäfs scheinen, weil das Rothe-Todte, unmittelbar auf dem rothen Porphyr gelagert, und von ihm ausgehend, nur die Unterlage, niemals die Decke des unteren Kalksteins bilden kann. Allein man mufs sich erinnern, wie die hohe Dolomitwand darüber ein, vom Kalkstein getrenntes und erhobenes Stück ist, dafs daher die unterliegende Gebirgsart ebenfalls in neuer, den allgemeinen Gesetzen widersprechender Lage eingedrängt

wird, ungefähr wie ein Gang, oder wie basaltische Kuppen in älteren Gesteinen. Selbst der rothe Porphyr erscheint wohl zuweilen auf diese Art, wenn auch nur selten und nur dort, wo die Thäler tief in das Innere einzudringen erlauben. So sieht man ihn auf dem Wege von Luckau nach Lienz, wo die Schichten von rothem Sandstein zwischen Glimmerschiefer und Dolomit fast senkrecht stehen; so sieht man ihn auch noch im Thale von Erlach über Luckau, zwischen Tarvis und Raibel, unfern von dem Wallfahrtsort Maria-Luschari über Ponteba, bei Weissenstadt, unter dem Terglou, und noch an anderen Orten. Dass aber in ursprünglicher Lage der Porphyr und der rothe Sandstein diese Kalksteinformation unterteufen, dafür bürgen wieder die schönen Profile von Fassa.

Die Form der Felsen des Feigensteins ist eine, nicht bloss in der Alpenkette, sondern, wie es scheint, auch über alle Welttheile sehr weit verbreitete; die nehmlich einer fast senkrechten Wand von weissen Schichten, der gegenüber keine correspondirende steht, wie sonst etwa in Alpenthälern gewöhnlich. Am Fusse liegt eine, gegen die Höhe der Wand nur niedrige, aber von ihr durch ein Thal getrennte Hügelreihe, in welcher sich die Schichten der Gebirgsart, aus der sie besteht, von der Wand abwärts, gegen die Fläche hin neigen. Dieser Absturz zieht sich vielleicht halbe Erdgrade in gleicher Richtung fort, und besteht er aus Schichten, so sind diese in das Innere hinein, denen der Hügelreihe am Fusse entgegengesetzt, geneigt. Die Gleichheit dieser Form, wird aus der Gleichheit der Ursachen begreiflich. Die Schichten der Wand, wo man dergleichen bis jetzt hat etwas genauer untersuchen können, bestehen grösstentheils aus Dolomit; nur einige der unteren erinnern an den Kalkstein, von dem sie losgerissen sind, dann folgt der rothe Sandstein darunter, oft noch bis nahe dem Viertheil des Absturzes, dann am Fusse rother Porphyr, oder andere, ihm verwandte Gebirgsarten. In der vorliegenden Hügelreihe findet sich der unveränderte Kalkstein wieder. Der Augith-Porphyr, der alle diese Gebirgsarten, selbst den rothen Porphyr erhebt und durchbricht, bleibt gewöhnlich im Innern der Dolomitmassen versteckt. Das ist die Zusammensetzung der sogenannten, sechs Meilen langen und mehr als 4000 Fuss hohen Wand auf der Fläche von Neustadt bei Wien; so ist der

lange Mendelberg zwischen Botzen und Trient; ganz ähnlich, und gewifs auch gleich in der Bildung ist die Felsenreihe, welche die schöne Ebene von Terni von der Ostseite begrenzt (1); eben so der langgezogene, steil gegen das Meer, und sanfter gegen das Innere, abfallende Taygetes in Messenien.

Ich werde mir erlauben diese Betrachtungen noch weiter auszudehnen, um aus ihnen noch einige Schlufsfolgen für die Bildung und Erhebung der Alpenkette zu ziehen. Wenn in der Reihe der Kalkalpen fast in jedem Profil Dolomitberge erscheinen, welche aus Schichten des Alpenkalksteins gebildet sind (zwischen Traunstein und Reichenhall, vom Dorfe Itzel an, bleibt man fast eine Stunde zwischen Dolomitbergen. *Beudant Voyage en Hongrie I*, 161.), so ist es klar, dafs der Augith-Porphyr in der ganzen Erstreckung dieser Alpenkette gewirkt hat. Oberhalb Sonthofen im Allgau in Schwaben sieht man ihn wirklich mitten in dieser Kette auf ansehnlicher Höhe hervortreten, auf der Gaifsalp bei Reichenbach, von rothem Sandstein begleitet (Uttinger in Moll neue Jahrbücher I, 459.), und oberhalb Ebna bei Obersdorf (Lupin Msrpt.). Daher werden nicht blofs die, zu Dolomit veränderten Schichten des Kalksteins der Erhebung unterworfen gewesen seyn, sondern auch die unveränderten, ursprünglich söhlig über die Fläche verbreiteten. Die Augithmassen werden sie mannigfaltig in die Höhe gewunden, geprefst, gebrochen und geklemmt haben, eben so, wie wir sie noch jetzt finden. Wenn man die wunderbare Lagerung des Salzstocks von Hall, in Tyrol, mehr als 3000 Fufs über das Thal, etwas genauer erwägt; wenn man sieht, wie unregelmäfsig, unbestimmt, gekrümmt und gebogen die Schichten der Kalkberge umherstehen, so überzeugt man sich leicht, dafs nimmermehr der Salzstock sich in solcher Lage gebildet haben kann, sondern dafs diese Salzmassen und Thonschichten sich, wie in der Fläche in Niederungen des Kalksteins mögen abgesetzt haben, und dafs sie nur später zu ihrer jetzigen Höhe erhoben, und zwischen ihnen ursprünglich fremdartigen

---

(1) So auch die Höhe der Montagna della Sibilla bei Rieti. Der Dolomit, dessen Blöcke im Gebirgsthale von Leonessa und Monte-Leone umherliegen, ist von dem grobkörnigsten, welchen ich gesehn habe.

Schichten sind eingeklemmt worden. Der Kalkstein, welcher unter dem Salzstock weggeht und sich an seiner südlichen Seite hervorhebt, hat ein ganz entgegengesetztes Fallen, als der Salzstock selbst, mit allen Kalkschichten welche ihn bedecken. — Die Schichtung dieser Höhen bleibt sich höchstens für die Länge einzelner Thäler gleich, und auch dann noch nicht immer, wenn gleich es auch gewifs ist, dafs die Richtung des Fallens dieser Schichten im Ganzen immer gegen das Äufsere der Kette geht, die Abstürze gegen das Innere gekehrt sind, zum wenigsten bis zu den Grenzen der Schweiz.

Wenn wir bedenken, dafs Alles, was aus dem Innern der Erdoberfläche hervordringt, jede Eruption keinesweges sich runde, craterähnliche Öffnungen bildet, sondern jederzeit in aufgesprengten und sich weit fortziehenden Spalten hervorsteigt, wie es der Natur einer jeden spröden, widerstehenden Masse gemäfs ist, auf welche eine zertheilende Kraft in irgend einem Puncte wirkt (vorausgesetzt, dafs diese nicht unverhältnifsmäfsig gröfser sey, als die Kraft der Cohäsion der zu zersprengenden Masse), — so wird es sogleich klar, dafs die ganze Richtung des Alpengebirges, so weit es zum wenigsten aus Kalkstein besteht, die Richtung eines ungeheuern Ganges bezeichne, auf welchem der Augith-Porphyr hervordringt. Der Kalkstein darüber wird dann mehr oder weniger in die Höhe geworfen und verändert, je nachdem auf diesem Gange der Augith stärker oder schwächer sich heraushebt, und wo dieses Gestein nicht mehr die Oberfläche erreichen kann, da bleibt der Kalkstein in seiner ursprünglichen horizontalen Lage zurück. Dieselben Gesteine, die in dieser Kette von dem Ligurischen Meere an, bis Ungarn, oft bis weit über die Region des ewigen Schnees heraufsteigen, finden sich, fast ohne Neigung, fast ohne Erhebung, an den Ufern des Neckars und durch einen grofsen Theil von Franken verbreitet. Ein aufgebrochener Augithgang unter den Hohenloheschen Ländern hätte keiner übermäfsigen Kraft bedurft, um Schichten, welche über viele Quadratmeilen ausgedehnt sind, 8 oder 9000 Fufs, ein neues Alpengebirge in die Höhe zu stofsen. Daher können Untersuchungen und Fragen, auf welche Art wohl der Stand des Meeres 8 oder 10,000 Fufs über den jetzigen Spiegel hat erhöht seyn können, um Seegeschöpfe zu ernähren, deren Reste wir jetzt in solcher Höhe

oft in unzählbarer Menge finden, — ähnliche Fragen können nicht von gröſserem Werth scheinen, als ohngefähr die, auf welche Art wohl Bäume auf dem Eise der Gletscher wachsen und fortkommen mögen, weil man nicht selten Baumsaamen über das Gletschereis zerstreut findet. — Die Bäume wuchsen nicht dort, wo man die Saamen fand; eben so wenig haben die Thiere in der Höhe gelebt, in welcher man jetzt ihre Reste antrifft.

Hölen im Dolomit.

Daſs die fränkischen Hölen nur allein dem Dolomit eigenthümlich sind, den Schichten des Jurakalks nicht, bleibt an sich schon eine sehr merkwürdige Thatsache; sie wird es aber viel mehr durch die Betrachtung, daſs sie viel allgemeiner ist, als man glaubt, ja so sehr, daſs ich in der That anfange zu fürchten, es werden dem unveränderten Kalkstein nur wenig Hölen noch übrig bleiben. Im Herbste des verflossenen Jahres (1822) sahe ich die berühmten Hölen von Oliera an der Brenta, etwa eine Meile über Bassano. Sie liegen am Fuſse der steilen, gröſstentheils senkrechten Wände, zwischen welchen die Brenta mehr als drei Meilen weit, von Ospidaletto bis nahe vor Bassano, hinläuft. Ihr Eingang ist 120 Fuſs hoch, 100 Fuſs tief, wenig über dem Dorfe von senkrechten Felsen umgeben. Nicht ein Bach, sondern ein ganzer Fluſs stürzt aus ihr hervor, denn wenn er, nach wenigen Augenblicken, sich mit der Brenta vereinigt, so ist die Masse dieses nicht unbedeutenden Flusses um mehr als das Doppelte vergröſsert. Wenig entfernt brechen noch andere Bäche aus ähnlichen Hölen, und höher an den Felsen öffnen sich wiederum neue Hölen, die in das Innere hineinführen. — Solche Wässer zu versammeln, setzt im Innern dieser Berge groſse, bedeutende, weiterstreckte Hölungen voraus, ausgedehnt, wie vielleicht wenig ähnliche seyn mögen. Auch widerspricht dem nicht, was man bisher davon gesehn hat. Bei niedrigem Wasserstande nehmlich ist es möglich, unter den, fast den Boden berührenden Felsen hin, noch weiter zu kommen. Die Felsen heben sich bald wieder und wölben sich zu einer mächtigen Kuppel. Der Fluſs breitet sich auf dem Boden aus und bildet hier in der Finsterniſs einen kleinen ruhigen See, auf welchen der treffliche Besitzer dieser Quellen,

Hr. Parolini in Bassano, eine Gondel hat setzen lassen, mit welcher man den See umfahren kann. Hunderte von Proteen, von den Crainer Hölen hierher gebracht, beleben sein Wasser. — Im Hintergrunde dringen die Bäche von mehreren Seiten aus neuen Hölen hervor; allein weiter hat man sie noch nicht verfolgt. — Es ist der Ablauf aller Wässer des hohen Plateau der Sette Comune, das sich gegen 3200 Fuſs über den Grund des Thales erhällt. Die Hölen gehen also zusammenhängend bis dort oben hinauf. — Alle sind im ausgezeichnesten Dolomit. Er ist körnig, und enthält überall kleine Hölungen mit vortreflichen Drusen von Braunspath, fast so schön, wie in den Bergen von Ampezzo. Höher, aber gewiſs erst 2000 Fuſs hinauf, liegen darauf dünne Schichten von rothem Kalkstein, welche Versteinerungen in groſser Zahl enthalten; dann eine groſse Menge anderer Schichten des Jura, welche alle Berge der Sette Comune zusammensetzen. Sehr bemerkenswerth ist es, daſs mitten auf der Höhe dieser Gebirgsfläche der Augith-Porphyr gar häufig hervorbricht. Graf Sternberg (Reise S. 46.) hat ihn bei Pufferle, zwischen Aziago und Rubio gesehn, dann wieder alli Ronchi, zwischen Valstagno und Galio; Fortis, im zweiten Theil seiner Memoiren, erwähnt noch viele andere Orte. Diese Massen müssen also den ganzen Dolomit durchbrochen haben, ehe sie aus den Schichten des Jura haben ausbrechen können.

Der Dolomit zieht sich mit gleicher Bestimmtheit immer im Thale der Brenta herauf zu beiden Seiten, und wird stets auf der gröſsten Höhe des Thalabhanges, wie man dies von unten gar deutlich sehen kann, von den dünnen und rothen Schichten des Jura bedeckt. Er ist in der Gegend von Primolano nicht ganz ohne Versteinerungen. Groſse Pectiniten finden sich darinnen zuweilen, aber wie in Sandsteinen, undeutlich und wie zerstört. — Was unter dem Dolomit vorkommen mag, ist im Grunde des Thales verborgen; allein da wo die Engen aufhören, unweit des Weges von Ivano im Valsugana nach dem Thal von Tessin, sieht man deutlich, wie dort wieder der rothe Sandstein unter dem Dolomit einschieſst.

Daher wird gewiſs der Augith-Porphyr im Innern nicht fehlen, und ohnerachtet der scheinbar so regelmäſsigen Lagerung dieser unge-

heuern Dolomitmassen im Thal herunter, steht doch nichts entgegen, auch von ihnen zu glauben, daſs sie einst dünne, versteinerungsvolle Schichten von dichtem Jurakalk waren, die durch gewaltsam eingedrungene Talkerde aufgesprengt und zu Dolomit umgeändert worden sind.

Daſs Juraschichten ihn bedecken, und zum Theil in ansehnlicher Höhe, daran ist hier so wenig zu zweifeln, als im Thale der Lagarina, zwischen Roveredo und Verona, wo, ganz wie an der Brenta, der Dolomit unten im Thale immer fortsetzt, zum wenigsten auf der linken Seite der Etsch, ununterbrochen von Ala bis zur Chiusa bei Rivoli. Man sieht auch hier die Juraschichten auf der Höhe; allein je mehr man sich der engen Spalte der Chiusa nähert, um so mehr senken sich die Schichten von oben; der Dolomit sinkt unter der Oberfläche, und in der Enge berührt man die dichten, oder von Trochitenresten körnige Juraschichten selbst, welche man einige Meilen vorher viele tausend Fuſs hoch an den Bergen fortziehen sahe. Und so wie sie sich senken, so wendet sich auch ihre Richtung. Statt wie in der Lagarina herunter, nach Osten, fallen sie zuerst nach Südost; in der Chiusa selbst gegen Süden, und endlich ganz nach Westen, in der Richtung des Monte Bolce, der auf der linken Seite die Lagarina umschlieſst.

Im fränkischen Jura, in Aichstädt, und in den Bergen zwischen Nürnberg und Baireuth, liegt keine andere Juraschicht über dem Dolomit, auſser die anomalen Schiefer von Solenhofen und Pappenheim; in italienischen Alpen liegt keine Juraschicht darunter. Das unterscheidet beide zwar wesentlich von einander; inzwischen ist es nur ein Beweis, wie wenig eine Bestimmtheit im Allgemeinen in der Lagerung des Dolomits aufgefunden werden kann. Wo der Augith-Porphyr auf Kalkstein, er sey von welcher Art er wolle, einwirken kann, wird er daraus Dolomit bilden; daher wird man eben so gut Dolomit im „calcaire grossier" finden können, wie in den Vicentiner Bergen, als in der Juraformation, im Zechstein oder selbst auch (zwischen Thonschiefer) im schwarzen Kalkstein. Dadurch erwächst aber diesen Formationen so wenig ein neuer Character, als man eine Eiche mit Galläpfeln für etwas anders ansehen wird, als eine, welche solche Aepfel nicht trägt.

Ich kehre von diesen italienischen Gegenden nach Deutschland zurück.

Was man seit vielen Jahrhunderten in Thüringen Rauchwacke genannt hat, ein Gestein das stets den Gyps zu begleiten pflegt, das was Heim unter dem Namen von Rauhstein, Freiesleben als Rauhkalk aufgeführt haben, ist vom körnigen Dolomit nicht verschieden. Auf der südlichen Seite des Thüringer-Waldes erheben sich davon mächtige Felsen bei Liebenstein und Glücksbrunn, deren Zug und Eigenthümlichkeiten Heim mit seiner gewöhnlichen Genauigkeit und Aufmerksamkeit beschrieben hat. (Geol. Beschr. des Thüring. Wald. V, 93.) Es ist ein Gestein, sagt er, welches durch seine zerrissene, löchrige Masse, durch seine Klüfte, Hölen, Erdfälle und thurmähnliche Felsen die gröfste Aufmerksamkeit verdient. Inwendig enthält es eine Menge kleiner und grofser leerer Räume und Hölungen von der Gröfse einer Faust, eines Kopfes, bis zu Öffnungen in die ein Mensch eintreten kann, und bis zu Gewölben, die Erstaunen erregen. Denn eben in diesem Gesteine eröffnen sich die Liebensteiner und Glücksbrunner Hölen. In dem Zechstein hingegen, welcher dem Rauhstein nicht ähnlich ist, hat man keine gefunden. Diese Hölen, sagt Heim, sind sich in ihrer Hauptanlage sehr ähnlich. Durch bogenförmige, gekrümmte Kalkstein (Dolomit-)bänke, geht in der Mitte eine Spalte hindurch, die sich bald weit aufthut, bald enge zusammenzieht. Das ist eine Bemerkung welche als etwas Allgemeines sehr auffallen mufs. Freilich sind solche Spalten dem Dolomit ganz eigenthümlich; und bei weitem mehr, als irgend einer Art von Kalkstein.

Es ist bekannt, wie häufig Landthierknochen in tiefen Spalten des Gesteins gefunden werden, bei Gibraltar, bei Cette, bei Nizza. Man nennt dies Gestein Kalkstein; allein wahrscheinlich ist es überall Dolomit; — zum wenigsten waren die Stücke, welche ich von Nizza als Lagerstätte der Knochen bei Herrn Brogniart in Paris gesehn habe, so ausgezeichnet und schön, als hätte man sie von den Bergen des Fassathals herunter gebracht.

Der Rauhstein bei Liebenstein unterbricht den Lauf des Zechsteins; dieser erscheint nicht eher wieder, als bis der Rauhstein aufgehört hat. Es ist mit dem Zechstein eine Veränderung vorgegangen,

meint Heim, welche ihn zu Rauhstein umgewandelt hat, und kommt, nach mancherlei Betrachtungen zu dem Resultat, dies könne nur durch den Ausbruch gazförmiger Flüssigkeiten geschehen seyn, deren Weg von unten hervor sich in vielen, zusammenhängenden Erscheinungen offenbare (1)

Auch die Scharzfelder Höle am Harz, das Einhornsloch, findet sich im Dolomit. Freiesleben sagt ausdrücklich (Kupferschiefergebirge II, 46.), das sie einschliefsende Gestein gehöre zur Rauchwacke oder zum Rauhstein, und Jordan führt von ihm an, es sei gelblichgrau, ohne Versteinerungen, mager und rauh, und voller Blasenlöcher, welche zum Theil mit Kalkspath (Braunspath) ausgefüllt sind: Hausmann erzählt, es fände sich hier nicht selten auch körniger Kalkstein. Das alles charakterisirt hinreichend den Dolomit. Bestimmter noch erklärt sich darüber Buckland in seinem schönen Werk über organische Reste in Hölen. (*Reliquiae diluvianae p.* 113.). Er meint, und gewifs richtig, der Dolomit von Scharzfeld sei mit dem von Sunderland von einerlei Formation.

Auch von den vielen Hölen in Derbyshire kann man kaum zweifeln, dafs sie vorzüglich dem Dolomit eigen sind. Schon Smithson Tennant hat uns belehrt, wie häufig dieses sonderbare Gestein in den Thälern von Derbyshire vorkomme, eben dort, wo auch der Augith-Porphyr als Mandelstein „*toadstone*" fast durch alle Berge hinzieht. Aber die meisten Hölen liegen eben, mitten in der Region, welche den *toadstone* enthalten, oder doch wenig von ihm entfernt. Dies zeigt deutlich Greenough's treffliche geognostische Charte von England, auch enthält Farey's Beschreibung von Derbyshire viele Nachrichten, welche eine Durchbrechung und Veränderung des Kalksteins durch den

---

(1) Die Rauchwacke, der Dolomit, ist ein steter Begleiter des älteren Gypses. Dieser aber, wo er vorkommt, zerstört die Regelmäfsigkeit darüber liegender Schichten, und erhebt sie, oft zu ansehnlicher Höhe, wie des *Dr.* Friedrich Hoffmann's schöne Beobachtungen im nordlichen Deutschland hinreichend lehren (Beiträge zur geogn. Kenntnifs von Nord-Deutschland 1823.), am Harze, bei Sperenberg, Lüneburg, Segeberg. Tritt hier nicht wieder dieselbe Erscheinung hervor, eine Veränderung und Aufblähung des Kalksteins durch zutretende Schwefelsäure, wie bei dem Dolomit durch zutretende Talkerde?

toadstone wohl wahrscheinlich machen. *Survey of Derbyshire I*, 274. 276. Nähere Nachrichten suche ich in englischen geognostischen Schriftstellern vergebens (1).

Dolomit im Rothen-Todten.

Noch ein bisher nicht aufgeführtes Vorkommen des Dolomits scheint mir der Beachtung sehr werth. Es sind die Lager dieser Substanz, welche in den oberen Schichten des Rothen-Todten vielleicht nicht selten, und an sehr von einander entlegenen Orten gefunden werden.

Als ich mich vor zwei Jahren in der Gegend von Saarbrück aufhielt, besuchte ich in der Nähe von Ottweiler unterirdische Kalkbrüche, welche dort betrieben werden. Das Product was hervorgebracht wurde, war bräunlichroth, ausgezeichnet körnig, sehr fest, und enthielt in eckigen Löchern nicht selten kleine Rhomboëder. Daſs dies wirklich wiederum Dolomit sei, bestätigte bald eine Analyse des Professors Gmelin in Heidelberg; er fand das specifische Gewicht des Steins 2, 84 und in hundert Theilen enthielt er 29, 2 kohlensaure Talkerde. Dasselbe Lager wird bei Nieder-Linxweiler bearbeitet. Es ist eins von den beiden, welche sich in wunderbarer Beständigkeit viele Meilen forterstrecken, von der Gegend von Saarbrück bis an die Lauter bei Wolfsstein. Die Lager sind nicht sehr mächtig und gänzlich vom rothen Sandstein umgeben.

Ganz dasselbe Gestein wird bei Rückingen in der Nähe von Hanau bebaut. Es ist das erste Gestein, was man, seit der Fläche von Hanau, anstehend findet. Bald hernach erscheint der rothe Sandstein, der die Gneusfelsen des Spessart umgiebt. Dieser Dolomit ent-

---

(1) Humboldt (Geog. 273.) sagt: *au Mexique en descendant des montagnes composées de porphyres éminemment metallifères Real del monte et de Moran vers les bains chauds de Totonilco el Grande, on trouve une formation puissante, de calcaire gris-bleuâtre, presque dépourvu de coquilles, généralement compacte, mais enchâssant des couches très-blanches et grenues à gros grains. Ce calcaire est célèbre par ses cavernes à Dantö et il est rempli de filons de plomb sulfuré.* Wären diese körnige Schichten Dolomit, so wäre hier alles vereinigt, was die Lagerung der Dolomite auszeichnet. Der Porphyr, der ursprünglich dichte Kalk, die Hölen.

hält grofse Drusen, und in diesen nicht selten Kupferkies und Kupferlasur, welche die Rhomboëder überzieht. Man kann nicht zweifeln, dafs dies Lager zum rothen Sandstein gehöre.

Eben so scheint das körnige Lager zu seyn, welches (auf viele Meilen Erstreckung) bei Trautliebersdorf unweit Liebau in Schlesien verfolgt worden ist; und in den Kalklagern, welche Freiesleben aus dem Rothen-Todten der Gegend von Eisleben beschreibt, wird man ähnlichen Dolomit nicht verkennen.

Schlufs.

Diese Betrachtungen, wenn sie hinreichend sind, die Meinung oder die Vermuthung zu begründen, der Dolomit sei Kalkstein gewesen, aber gröfstentheils durch den Augith-Porphyr zur neuen Form umgeändert worden; wenn es gelingt, nachzuweisen, wie auch ein grofser Reichthum von metallischen Fossilien, durch Wirkung derselben Gebirgsart, auf neue Lagerstätten eingeführt worden ist, scheinen dann ein Feld der Untersuchung zu eröffnen, welches uns nach vielen Seiten hin wichtige Aufschlüsse verspricht.

Denn es wäre sogar auch vielleicht nicht unmöglich, in Kurzem zu erweisen, dafs alle Gebirgsreihen, daher die ganze äufsere Gestalt der Oberfläche der Erde, dem Augith-Porphyr ihre Entstehung verdanken. Die Gebirgsketten, so grofs sie auch seyn mögen, würden dann nichts anderes seyn, als Spalten, wie die vulcanischen Reihen, aus welchen der Augith-Porphyr sich erhebt, und die darauf liegenden hindernden Gebirgsarten, entweder in grofsen Massen, oder, wie in den Alpen und dem Himalaya, zu wunderbaren Spitzen und Thürmen hervorstöfst. Es wäre vielleicht nicht unmöglich, bald zu erweisen, dafs die Flöz-Formation alle primitiven Gebirgsreihen bedeckt habe, oder bedeckt haben könne. Die, sich nach und nach stets weiter ausdehnende Spalte hätte diese oberen Flözschichten auf die Seite geschoben, und keine Spur von ihnen hätte auf diese Art in den primitiven Bergen der kleineren Ketten zurückbleiben können; wohl aber in gröfseren Gebirgen, in denen die Hauptspalte stets von gleichlaufenden Nebenspalten begleitet ist, und daher einzelne Keile leichter umgeben, und mit den hervorsteigenden primitiven Massen erhoben werden können. Schon in den Alpen liegen solche Flözgebirgsreste auf den höchsten Spitzen von Bergen aus Granit und aus Gneus: an der Kette der Jungfrau, am Titlis, und anderen.

Es ist wohl begreiflich, dafs dieser Porphyr unter der bedeckenden Masse sich nur selten hervordrängen kann, dafs er vielleicht an manchen Gebirgsreihen gar nicht hervorkommt, und sein Daseyn nur aus seinen Wirkungen geschlossen werden mufs. Indefs findet man ihn doch gar häufig am Fufs der Gebirge, da, wo sie in die Ebene aus-

laufen; wo der Porphyr sich daher Luft gemacht und nun sich am Rande der Spalte zwischen der Ebene und den erhobenen Gebirgsmassen hervorgedrängt hat. Am Thüringerwald liegt auf der Südseite der Granit oder der Syenit; dann folgt in der Mitte der rothe, quarzführende Porphyr; dann am nordlichen Fufs, und ganz am Fufs, der Augith-Porphyr in allen Thälern bei dem lezten Ausgang gegen die Fläche. Er ist hier stets von einem Conglomerat bedeckt, das ihm wesentlich angehört, und das vom Rothen-Todten, mit dem man es verwechselt, leicht unterschieden werden kann. Das (Reibungs-) Conglomerat des Augith-Porphyrs enthält, mit vielen Stücken anderer Gebirgsarten, stets auch wenig abgerundete Massen vom Augith-Porphyr selbst; das Rothe-Todte enthält solche Stücke niemals. Dies letztere wird vom ersteren stets getragen und fällt von ihm weg. — Am Harz bemerkt man fast dasselbe Verhalten, aber in umgekehrter Ordnung. Der Granit des Brocken und Ramberges erscheint auf der Nordseite; der Augith-Porphyr in grofser Ausdehnung bei Ilefeld auf der Südseite, und wie viel weiter er noch, wenig unter der Oberfläche, verbreitet seyn möge, läfst der, eben auch auf der Südseite so sehr ausgedehnte Dolomit (Rauchwacke) und Gyps in gleichlaufenden Ketten vermuthen. Der Harz und der Thüringerwald gehören aber zu demselben System, oder zu einer Hauptspalte, welche in viele Nebenspalten geschieden ist.

Ganz Deutschland nehmlich zertheilt sich in vier besondere dergleichen, deutlich von einander geschiedene Systeme.

Im ersteren, *nordöstlichen* Theile, ist die Richtung aller Gebirgsketten von Nordwest gegen Südost; nicht blofs der primitiven, des Harzes, des Thüringerwaldes, der Schlesisch-Böhmischen Berge, des Böhmerwaldes, sondern sogar auch aller einzelnen etwas bedeutendern Berge der Flöz-Formation, des Kiffhäusers mit Bottendorf, der Finne, der Haynleite, des Seeberges, und so vieler kleinerer Gebirgsreihen bei Magdeburg, Braunschweig, Hannover, deren wahre Natur man durch die trefflichen Untersuchungen des Doctors Friedrich Hoffmann hat kennen lernen. Dieser vorzügliche Geognost hat sogar gezeigt, wie noch Helgoland, Lüneburg, und der Seegeberg in Holstein sich diesem System einordnen. Die Sandsteinkette des Teutoburger Waldes durch Lippe, Minden, Osnabrück bis nach

Overyssel beendet es scharf und bestimmt in Westen. Jede Charte zeigt durch die Richtung der Flüsse, der Hauptniederungen, diese Richtung der Bergketten bis tief in die polnischen Flächen.

Die Juraberge von Cracau bis Wielun folgen denselben Gesetzen; so auch noch die Bergreihen, welche Dresden umgeben.

Wir finden dieses Richtungsgesetz in den griechischen Ketten wieder, und an den Albanischen und Dalmatischen Küsten; man möchte es für eines der ausgebreitetsten der Erdfläche halten, denn es scheint sogar die Richtung der mächtigen Alpenkette selbst zu überwinden, welche in den Bergen von Crain zu ihr übergeht.

2. Bis dahin war diese Alpenkette, soweit sie Deutschland berührt, von Südwest gegen Nordost gerichtet, und offenbar gehört auch noch die in dieser Richtung sich fortziehende hohe Fläche von Schwaben und Baiern bis zu den Ufern der Donau, zu eben diesem System. Was die Alpen erhob, hat dann auch wahrscheinlich diese Fläche erhoben. Der weifse und scharfe Damm des Jura durch Deutschland begränzt mit grofser Bestimmtheit dieses Alpensystem gegen Nordwest.

3. Schwarzwald, Odenwald, Spessart, und gegenüber das Gebirge des Wasgau, bilden neue Reihen fast von Süden nach Norden, deren Wirkung sich wieder bis an den Jura in Franken ausdehnt, nordwärts bis an den Mayn, westlich bis zu der Fortsetzung des Jura durch Lothringen.

4. Das Grauwacken- und Schiefergebirge der Ardennen, von Hundsrück und Eyfel, des Westerwaldes, dann die Sandsteinkette des Teutoburger Waldes, umschliefsen ein viertes System, welches sich über den westlichen Theil von Westphalen, die Niederlande und Holland verbreitet, in welchem der schwarze Porphyr nicht sehr durch Spalten zu wirken scheint; denn einzelne, scharfe Ketten verschwinden, und kein Rothes-Todte oder rother Sandstein läfst hier in der Nähe rothen Porphyr vermuthen. — Auch werden ältere Kalksteinbildungen nicht sichtbar, und nur die obersten und neuesten sind, unmittelbar auf den Steinkohlen, der Beobachtung dargelegt.

Der schwarze (Augith-) Porphyr, von dem so grofse Wirkungen ausgehen, ist sich in seiner Zusammensetzung und in den Erscheinungen

seines Vorkommens, im Ganzen sehr ähnlich, man mag ihn an der Nahe, am Fuſse des Hundsrücks, untersuchen, oder am Rande der Steinkohlengebirge in Schlesien, auf den Färöar, oder in dem mittleren Theile von Schottland, am Fuſs und in der Richtung der Grampians, bei Christiania und im südlichen Norwegen, oder im Fassathale unter den Alpen.

Doch scheint eine wesentliche Verschiedenheit aus den Fossilien hervorzugehen, welche später in Klüften und Hölungen dieses Porphyrs sich bilden. Wo Epidot vorkommt, und in Menge, da findet sich nicht leicht auch zugleich Mandelstein mit Zeolithen, oder mit Fossilien, welche Wasser enthalten. — Epidot aber ist eben so wenig ein Gemengtheil einer primitiven Gebirgsart, als ein wasser- oder säurehaltendes Fossil. Er findet sich jederzeit nur in Klüften, Drusen, Mandeln, in Oeffnungen der Gebirgsarten, nie als umschlossener Krystall. Da er, wenn Zeolithe fehlen, in so groſser Menge und überall den Augith-Porphyr durchzieht, so kann man wohl auf die Vermuthung geführt werden, daſs sein Erscheinen ebenfalls von dem Hervorkommen des Augith-Porphyrs abhängig ist; daſs die Wirkung des letzteren daher wohl geahnet werden kann, da wo man Epidot in anderen Gebirgsarten in groſser Menge antrifft, im Syenit und Granit am Thüringer-Wald, im Thonschiefer und Quarz unterhalb Bingen am Rhein, im Zirconsyenit und Granit, und selbst im Gneus des südlichen Norwegens.

Der schwarze (Augith-) Porphyr von Ilefeld, vom Thüringer-Wald, von Schweidnitz, von Christiania, enthält Epidot in groſser Menge, aber keine Zeolithart; der ähnliche Porphyr der Gegend von Glasgow, der Färöar, der Gegenden von Oberstein und Birkenfeld an der Nahe und des oberen Fassathals enthalten dagegen die Zeolithe in Überfluſs, aber Epidot nicht.

Die festere Begründung dieses merkwürdigen Unterschiedes und die Entwickelung seines Einflusses muſs man von weiteren und gründlicheren Beobachtungen erwarten.

Über

den Bau und die Wirkungsart der Vulcane in verschiedenen Erdstrichen.

Von

H[rn.] ALEXANDER v. HUMBOLDT.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 24. Januar 1823.]

Wenn man den Einflufs betrachtet, den seit Jahrhunderten die erweiterte Erdkunde und wissenschaftliche Reisen in entfernte Regionen auf das Studium der Natur ausgeübt haben, so erkennt man bald wie verschiedenartig derselbe gewesen ist, je nachdem die Untersuchung auf die Formen der organischen Welt oder auf das todte Erdgebilde, auf die Kenntnifs der Felsarten, ihr relatives Alter und ihre Entstehung gerichtet war. Andere Gestalten von Pflanzen und Thieren beleben die Erde in jeglicher Zone, sei es wo in der meergleichen Ebene die Wärme des Luftkreises nach der geographischen Breite und den mannichfaltigen Krümmungen der isothermen Linien, oder wo sie fast scheitelrecht, an dem steilen Abhange der Gebirgsketten, wechselt. Die organische Natur giebt jedem Erdstrich seinen eigenen physiognomischen Charakter; nicht so die unorganische, da wo die feste Rinde des Erdkörpers von der Pflanzendecke entblöfst ist. Dieselben Gebirgsarten, gruppenweise sich anziehend und abstofsend, erscheinen in beiden Hemisphären vom Aequator an bis zu den Polen hin. In einem fernen Eilande, von fremdartigen Gewächsen umgeben, unter einem Himmel, wo nicht mehr die alten Sterne leuchten, erkennt oft der Seefahrer freudig erstaunt den heimischen Thonschiefer, die wohlbekannte Gebirgsart des Vaterlandes.

Diese Unabhängigkeit der geognostischen Verhältnisse von der gegenwärtigen Constitution der Climate mindert nicht den wohlthätigen Einflufs, welchen zahlreiche, in fremden Weltgegenden angestellte Beob-

achtungen auf die Fortschritte der Gebirgskunde und der physikalischen Geognosie ausüben, sie giebt derselben nur eine eigenthümliche Richtung. Jede Expedition bereichert die Naturkunde mit neuen Pflanzen und Thiergattungen. Bald sind es organische Formen, die sich an längst bekannte Typen anreihen, und uns das regelmäfsig gewebte, oft scheinbar unterbrochene Netz belebter Naturbildungen in seiner ursprünglichen Vollkommenheit darstellen. Bald sind es Bildungen, die isolirt auftreten, als entkommene Reste untergegangener Geschlechter, oder als unbekannte, Erwartung erregende Glieder noch zu entdeckender Gruppen. Eine solche Mannichfaltigkeit gewährt freilich nicht die Untersuchung der festen Erdrinde. Sie offenbart uns vielmehr eine Übereinstimmung in den Gemengtheilen, in der Auflagerung verschiedenartiger Massen und in ihrer periodischen Wiederkehr, welche die Bewunderung des Geognosten erregt. In der Andeskette, wie in dem Centralgebirge Europa's, scheint eine Formation gleichsam die andere herbeizurufen. Gleichnamige Massen gestalten sich zu ähnlichen Formen: in Zwillingsberge, Basalte und Dolerit; als prallige Felswände, Dolomit, Quadersandstein und Porphyr; zu Glocken oder hochgewölbten Domen der glasige, feldspathreiche Trachyt. In den entferntesten Zonen sondern sich gleichartig, wie durch innere Entwickelung, gröfsere Krystalle aus dem dichten Gewebe der Grundmassen ab, umhüllen einander, treten in untergeordnete Lager zusammen, und verkündigen oft, als solche, die Nähe einer neuen unabhängigen Formation. So spiegelt sich, mehr oder minder klar, in jedem Gebirge von beträchtlicher Ausdehnung die ganze unorganische Welt; doch um die wichtigen Erscheinungen der Zusammensetzung, des relativen Alters und der Entstehung der Gebirgsarten vollständig zu erkennen, müssen Beobachtungen aus den verschiedensten Erdstrichen mit einander verglichen werden. Probleme, die dem Geognosten lange in seiner nordischen Heimath räthselhaft geschienen, finden ihre Lösung nahe am Aequator. Wenn die fernen Zonen, wie schon oben bemerkt ward, uns nicht neue Gebirgsarten liefern, das heifst unbekannte Gruppirungen einfacher Stoffe; so lehren sie uns dagegen die grofsen, überall gleichen Gesetze enthüllen, nach denen die Schichten der Erdrinde sich wechselseitig tragen, sich gangartig durchbrechen, oder mittelst elastischer Kräfte gehoben werden.

Bei dem so eben geschilderten Nutzen, den unser geognostisches Wissen aus Untersuchungen zieht, welche grofse Länderstrecken umfassen, darf es uns nicht befremden, dafs eine Klasse von Erscheinungen, mit der ich diese Versammlung vorzugsweise zu unterhalten wage, lange um so einseitiger betrachtet worden ist, als die Vergleichungspunkte schwieriger, man könnte fast sagen, mühevoller aufzufinden sind. Was man bis gegen das Ende des verflossenen Jahrhunderts von der Gestalt der Vulcane und dem Wirken ihrer unterirdischen Kräfte zu wissen glaubte, war von zwei Bergen des südlichen Italiens, dem Vesuv und dem Aetna, hergenommen. Da der erste zugänglicher ist, und (wie alle niedrige Vulcane) häufiger auswirft, so hat ein Hügel gleichsam zum Typus gedient, nach welchem man sich eine ganze ferne Welt, die mächtigen an einander gereihten Vulcane von Mexico, Süd-America, und den asiatischen Inseln gebildet dachte. Ein solches Verfahren mufste mit Recht an Virgil's Hirten erinnern, der in seiner engen Hütte das Vorbild der ewigen Stadt, des königlichen Rom's, zu sehen wähnte.

Allerdings hätte eine sorgfältigere Untersuchung des ganzen Mittelmeeres, besonders der östlichen Inseln und Küstenländer, wo die Menschheit zuerst zu geistiger Kultur und edleren Gefühlen erwachte, eine so einseitige Naturansicht vernichten können. Aus dem tiefen Meeresgrunde haben sich hier, unter den Sporaden, Trachytfelsen zu Inseln erhoben, dem azorischen Eilande ähnlich, das in drei Jahrhunderten dreimal, fast in gleichen Zeitabständen, periodisch erschienen ist. Zwischen Epidaurus und Trözene bei Methone hat der Peloponnes einen Monte nuovo, den Strabo beschrieben, und Dodwell wiedergesehen hat, höher als der Monte nuovo der phlegräischen Felder bei Bajae, vielleicht selbst höher als der neue Vulcan von Xorullo in den mexicanischen Ebenen, den ich von mehreren tausend kleinen, aus der Erde herausgeschobenen, noch gegenwärtig rauchenden Basaltkegeln umringt gefunden habe. Auch im Bassin des Mittelmeeres bricht das vulcanische Feuer nicht blofs aus permanenten Cratern, aus isolirten Bergen aus, die eine dauernde Verbindung mit dem Innern der Erde haben, wie Stromboli, der Vesuv und der Aetna. Auf Ischia, am Epomäus und wie es nach den Berichten der Alten scheint, auch in der Lelantischen Ebene bei Chalcis, sind Laven aus Erdspalten geflossen,

die sich plötzlich geöffnet haben. Neben diesen Erscheinungen, die in die historische Zeit, in das enge Gebiet sicherer Traditionen fallen, und welche Ritter in seiner meisterhaften Erdkunde sammeln und erläutern wird, enthalten die Küsten des Mittelmeeres noch mannichfaltige Reste älterer Feuerwirkungen. Das südliche Frankreich zeigt uns in Auvergne ein eigenes geschlossenes System an einander gereiheter Vulcane, Trachytglocken, abwechselnd mit Auswurfskegeln, aus denen Lavaströme bandförmig sich ergiefsen. Die lombardische seegleiche Ebene, welche den innersten Busen des adriatischen Meeres bildet, umschliefst den Trachyt der Euganeischen Hügel, wo Dome von körnigem Trachyt, von Obsidian und Perlstein sich erheben, drei aus einander sich entwickelnde Massen, die den feuersteinhaltigen Jurakalk durchbrechen, aber nie in schmalen Strömen geflossen sind. Aehnliche Zeugen alter Erdrevolutionen findet man in vielen Theilen des Griechischen Continents und in Vorder-Asien, Ländern, die dem Geognosten einst reichen Stoff zu Untersuchungen darbieten werden, wenn das Licht dahin zurückkehrt, von wo es zuerst über die westliche Welt gestrahlt, wenn die gequälte Menschheit nicht mehr unter der wilden Barbarei der Osmanen erliegt.

Ich erinnere an die geographische Nähe so mannichfaltiger Erscheinungen, um zu bewähren, dafs der Kessel des Mittelmeeres mit seinen Inselreihen dem aufmerksamen Beobachter alles hätte darbieten können, was neuerlichst unter mannichfaltigen Formen und Bildungen in Süd-America, auf Teneriffa, oder in den Aleuten, der Polargegend nahe, entdeckt worden ist. Die Gegenstände der Beobachtung fanden sich zusammengedrängt, aber Reisen in ferne Climate, Vergleichungen grofser Länderstriche in- und aufserhalb Europa waren nöthig, um das Gemeinsame der vulcanischen Erscheinungen und ihre Abhängigkeit von einander klar zu erkennen.

Der Sprachgebrauch, welcher oft den ersten irrigen Ansichten der Dinge Dauer und Ansehen giebt, oft aber auch instinctmäfsig das Wahre bezeichnet, der Sprachgebrauch nennt vulcanisch alle Ausbrüche unterirdischen Feuers und geschmolzener Materien; Rauch- und Dampfsäulen, die sporadisch aus den Felsen aufsteigen, wie bei Colares nach dem grofsen Erdbeben von Lissabon; Salse oder feuchten Koth,

Asphalt und Hydrogen auswerfende Lettenkegel, wie bei Girgenti in Sicilien, und bei Turbaco in Süd-America; heiſse Geiser-Quellen, die von elastischen Dämpfen gedrückt sich erheben, ja im Allgemeinen alle Wirkungen wilder Naturkräſte, die ihren Sitz tief im Innern unseres Planeten haben. Im spanischen America und in den Philippinischen Inseln unterscheiden die Eingebornen sogar förmlich zwischen Wasser- und Feuer-Vulcanen, *vulcanes de agua y de fuego.* Mit dem ersten Namen bezeichnen sie Berge, aus welchen bei heftigen Erdstöſsen und mit dumpfem Krachen, von Zeit zu Zeit, unterirdische Wasser ausbrechen.

Ohne den Zusammenhang der so eben genannten Phänomene zu läugnen, scheint es doch rathsam, dem physischen wie dem oryctognostischen Theile der Geognosie eine bestimmtere Sprache zu geben, und mit dem Worte Vulcan nicht bald einen Berg zu bezeichnen, der sich mit einem permanenten Feuerschlunde endigt, bald jegliche unterirdische Ursache vulcanischer Erscheinungen. Im gegenwärtigen Zustande der Erde ist freilich in allen Welttheilen die Form isolirter Kegelberge (die des Vesuvs, des Aetna, des Pic's von Teneriffa, des Tunguragua und Cotopaxi) die gewöhnlichste Form der Vulcane; ich habe sie von dem niedrigsten Hügel bis zu 17700 Fuſs über der Meeresfläche anwachsen sehen; aber neben diesen Kegelbergen findet man auch permanente Feuerschlünde, bleibende Communicationen mit dem Inneren der Erde auf langgedehnten zackigen Rücken und zwar nicht einmal immer in der Mitte ihrer mauerartigen Gipfel, sondern am Ende derselben, gegen den Abfall hin. So der Pichincha, der sich zwischen der Südsee und der Stadt Quito erhebt, und den Bouguer's früheste Barometerformeln berühmt gemacht haben; so die Vulcane, die in der 10000 Fuſs hohen Steppe de los Pastos sich erheben. Alle diese Gipfel von mannichfaltigen Gestalten bestehen aus Trachyt, sonst Trapp-Porphyr genannt, einem körnigen, rissig-zerklüfteten Gesteine von glasigem Feldspath und Hornblende, welchem Augith, Glimmer, blättriger Feldspath und Quarz keinesweges fremd sind. Wo die Zeugen des ersten Ausbruchs, ich möchte sagen, das alte Gerüste sich vollständig erhalten hat, da umgiebt die isolirten Kegelberge circusartig eine hohe Felsmauer, ein Mantel aus aufgelagerten Schichten zusammengesetzt.

Solche Mauern oder ringförmige Umgebungen heifsen Erhebungs-Crater, eine grofse, wichtige Erscheinung, über welche der erste Geognost unserer Zeit, Leopold von Buch, aus dessen Schriften ich auch in dieser Abhandlung mehrere Ansichten entlehne, unserer Akademie vor fünf Jahren eine denkwürdige Abhandlung vorgelegt hat.

Mit dem Luftkreise durch Feuerschlünde communicirende Vulcane, conische Basalthügel und glockenförmige, craterlose Trachytberge, letztere bald niedrig wie der Sarcouy, bald hoch wie der Chimborazo, bilden mannichfaltige Gruppen. Hier zeigt uns die vergleichende Erdkunde kleine Archipele, gleichsam geschlossene Bergsysteme, mit Crater und Lavaströmen in den canarischen Inseln und den Azoren; ohne Crater und ohne eigentliche Lavaströme in den Euganeen und dem Siebengebirge bei Bonn: dort beschreibt sie uns Vulcane, in einfachen oder doppelten Ketten an einander gereiht, viele hundert Meilen lange Züge, bald der Hauptrichtung der Gebirge parallel, wie in Guatimala, Peru und Java, bald die Axe der Gebirge senkrecht durchschneidend, wie im Lande der Azteken, wo feuerspeiende Trachytberge allein die hohe Schneegrenze erreichen, und wahrscheinlich auf einer Kluft ausgebrochen sind, die in einer Länge von 105 geographischen Meilen den ganzen Continent, vom stillen Meer bis zum atlantischen Ocean, durchschneidet.

Dieses Zusammendrängen der Vulcane bald in einzelne rundliche Gruppen, bald in doppelte Züge, liefert den entscheidendsten Beweis, dafs die vulcanischen Wirkungen nicht von kleinlichen, der Oberfläche nahen Ursachen, abhangen, sondern grofse, tiefbegründete Erscheinungen sind. Der ganze östliche, an Metallen arme Theil des amerikanischen Festlandes, ist in seinem gegenwärtigen Zustande ohne Feuerschlünde, ohne Trachytmassen, wahrscheinlich selbst ohne Basalte. Alle Vulcane sind, in dem, Asien gegenüber liegenden Theile vereinigt, in der meridianartig ausgedehnten, 1800 geographische Meilen langen Andes-Kette. Auch ist das ganze Hochland von Quito ein einziger vulcanischer Heerd, dessen Gipfel Pichincha, Cotopaxi und Tunguragua bilden. Das unterirdische Feuer bricht bald aus der einen, bald aus der andern dieser Öffnungen aus, die man sich als abgesonderte Vulcane zu betrachten gewöhnt hat. Die fortschreitende Bewegung des Feuers

ist hier seit drei Jahrhunderten von Norden gegen Süden gerichtet. Selbst die Erdbeben, welche so furchtbar diesen Welttheil heimsuchen, liefern merkwürdige Beweise von der Existenz unterirdischer Verbindungen, nicht blofs zwischen vulcanlosen Ländern, was längst bekannt ist, sondern auch zwischen Feuerschlünden, die weit von einander entfernt sind. So stiefs der Vulcan von Pasto östlich vom Flufse Guaytara, drei Monate lang im Jahr 1797 ununterbrochen eine hohe Rauchsäule aus. Diese Säule verschwand in demselben Augenblick, als sechzig Meilen davon das grofse Erdbeben von Riobamba und der Schlammausbruch der Moya dreifsig bis vierzigtausend Indianer tödteten. Die plötzliche Erscheinung der azorischen Insel Sabrina, am 30. Januar 1811, war der Vorbote der fürchterlichen Erdstöfse, welche weiter westlich vom Monat Mai 1811, bis zum Junius 1813 fast unaufhörlich, erst die Antillen, dann die Ebenen des Ohio und Missisippi, und zuletzt die gegenüberstehenden Küsten von Venezuela erschütterten. Dreifsig Tage nach der gänzlichen Zerstörung der Stadt Caracas erfolgte der Ausbruch des Vulcans von Sanct Vincent in den nahen Antillen. In demselben Augenblick als diese Explosion erfolgte, am 30. April 1811, wurde ein Schrecken erregendes, unterirdisches Getöse in allen Theilen einer Landstrecke von 2200 geographischen Quadratmeilen vernommen. Die Anwohner des Apure, beim Einflufs des Rio Nula, verglichen dies Getöse eben so, als die fernsten Küstenbewohner, mit der Wirkung schweren Geschützes. Von dem Einflufs des Rio Nula in den Apure, durch welchen ich in den Orinoco gekommen bin, bis zum Vulcan von Sanct Vincent, zählt man in gerader Richtung 157 geographische Meilen. Dies Getöse, welches sich gewifs nicht durch die Lüfte fortpflanzte, mufs eine tiefe unterirdische Ursache gehabt haben. Es war wenig stärker an den Küsten des Antillischen Meeres, dem ausbrechenden Vulcane näher, als in dem Innern des Landes.

Es würde zwecklos seyn, die Zahl dieser Beispiele zu vermehren, aber um an eine Erscheinung zu erinnern, die für Europa historisch wichtiger geworden ist, gedenke ich nur noch des bekannten Erdbebens von Lissabon. Gleichzeitig mit demselben, am 1. November 1755, wurden nicht nur die Schweizer-Seen, und das Meer an den Schwedischen Küsten heftig bewegt, selbst in den östlichen Antillen,

um Martinique, Antigua und Barbados, wo die Fluth nie über 28 Zoll erreicht, stieg sie plötzlich 20 Fuſs hoch. Alle diese Phänomene beweisen, daſs die unterirdischen Kräfte entweder dynamisch, spannend und erschütternd im Erdbeben, oder producirend und chemisch verändernd in den Vulcanen sich äuſsern. Sie beweisen auch, daſs diese Kräfte nicht oberflächlich, aus der äuſsern Erdrinde, sondern tief aus dem Innern unseres Planeten durch Klüfte und unausgefüllte Gänge nach den entferntesten Punkten der Erdfläche gleichzeitig hinwirken.

Je mannichfaltiger der Bau der Vulcane, das heiſst der Erhebungen ist, welche den Kanal umschlieſsen, durch welchen die geschmolzenen Massen des innern Erdkörpers an die Oberfläche gelangen, desto wichtiger ist es, diesen Bau mittelst genauer Messungen zu ergründen. Das Interesse dieser Messungen, die in einem andern Welttheile ein besonderer Gegenstand meiner Untersuchungen gewesen sind, wird durch die Betrachtung erhöht, daſs das zu messende an vielen Punkten eine veränderliche Gröſse ist. Die philosophische Naturkunde ist bemüht, in dem Wechsel der Erscheinungen die Gegenwart an die Vergangenheit anzureihen. Um eine periodische Wiederkehr, oder überhaupt die Gesetze fortschreitender Naturveränderungen zu ergründen, bedarf es gewisser fester Punkte, sorgfältig angestellter Beobachtungen, die an bestimmte Epochen gebunden, zu numerischen Vergleichungen dienen können. Hätte auch nur von tausend zu tausend Jahren die mittlere Temperatur des Luftkreises und der Erde in verschiedenen Breiten, oder die mittlere Höhe des Barometers an der Meeresfläche bestimmt werden können, so würden wir wissen, in welchem Verhältniſs die Wärme der Climate zu- oder abgenommen, ob die Höhe der Atmosphäre Veränderungen erlitten hat. Eben dieser Vergleichungspunkte bedarf man für die Neigung und Abweichung der Magnetnadel, wie für die Intensität der magnetisch-electrischen Kräfte, über welche im Kreise dieser Akademie zwei treffliche Physiker, Seebeck und Erman, ein so groſses Licht verbreitet haben. Wenn es ein rühmliches Geschäft gelehrter Gesellschaften ist, den cosmischen Veränderungen der Wärme, des Luftdrucks, der magnetischen Richtung und Ladung beharrlich nachzuspüren, so ist es dagegen die Pflicht des reisenden Geognosten, bei Bestimmung der Unebenheiten der Erdoberfläche hauptsächlich auf die verän-

derliche Höhe der Vulcane Rücksicht zu nehmen. Was ich vormals in den mexicanischen Gebirgen, am Toluca, Nauhcampatepetl und Xorullo, in den Anden von Quito am Pichincha versucht, habe ich Gelegenheit gehabt, seit meiner Rückkehr nach Europa, zu verschiedenen Epochen am Vesuv zu wiederholen. Saussure hatte diesen Berg im Jahr 1773 in einer Zeit gemessen, wo beide Ränder des Craters, der nordwestliche und südöstliche, ihm gleich hoch schienen. Er fand ihre Höhe über der Meeresfläche 609 Toisen. Die Eruption von 1794 verursachte einen Absturz gegen Süden, eine Ungleichheit der Craterränder, welche das ungeübteste Auge selbst in grofser Entfernung unterscheidet. Wir mafsen, Herr von Buch, Lussac und ich, im Jahr 1805 den Vesuv dreimal und fanden den nördlichen Rand, der der Somma gegenüber steht, la Rocca del Palo, genau wie Saussure; den südlichen Rand aber 71 Toisen niedriger, als 1773. Die ganze Höhe des Vulcan's hatte gegen Torre del Greco hin, (nach einer Seite, gegen welche seit dreifsig Jahren das Feuer gleichsam vorzugsweise hinwirkt,) um den neunten Theil abgenommen. Der Aschenkegel verhält sich zur ganzen Höhe des Berges am Vesuv wie 1 zu 3, am Pichincha wie 1 zu 10, am Pic von Teneriffa wie 1 zu 22. Der Vesuv hat also verhältnifsmäfsig den höchsten Aschenkegel, wahrscheinlich schon darum, weil er, als ein niedriger Vulcan, am meisten durch seinen Gipfel gewirkt hat. Vor wenigen Monaten ist es mir geglückt, nicht blofs meine früheren Barometer-Messungen am Vesuv zu wiederholen, sondern auch, bei dreimaliger Besteigung des Berges, eine vollständigere Bestimmung aller Craterränder zu unternehmen. Diese Arbeit verdient vielleicht darum einiges Interesse, weil sie die Epoche grofser Eruptionen von 1805 bis 1822 umfafst, und vielleicht die einzige in allen ihren Theilen vergleichbare Messung ist, welche man bisher von irgend einem Vulcan bekannt gemacht hat. Sie beweist, dafs die Ränder der Crater, nicht blofs da, wo sie, (wie am Pic von Teneriffa und an allen Vulcanen der Andeskette,) sichtbar aus Trachyt bestehen, sondern auch sonst überall ein weit beständigeres Phänomen sind, als man bisher geglaubt hat. Einfache Höhenwinkel aus denselben Punkten bestimmt, eignen sich zu diesen Untersuchungen noch mehr, als vollständige trigonometrische und barometrische Messungen. Nach meinen

letzten Bestimmungen hat sich der nordwestliche Rand des Vesuv's seit Saussure, also seit neun und vierzig Jahren, gar nicht, der südöstliche Rand, gegen Bosche tre Case hin, welcher 1794 um 400 Fufs niedriger ward, überaus wenig verändert.

Wenn man in öffentlichen Blättern, bei der Beschreibung grofser Auswürfe, so oft der gänzlich veränderten Gestalt des Vesuv's erwähnt findet, wenn man diese Behauptungen durch die pittoresken Ansichten bewährt glaubt, welche in Neapel von dem Berge entworfen werden: so liegt die Ursache des Irrthums darin, dafs man die Umrisse der Craterränder mit den Umrissen der Auswurfskegel verwechselt, welche zufällig in der Mitte des Craters auf dem durch Dämpfe gehobenen Boden des Feuerschlundes sich bilden. Ein solcher Auswurfskegel, von Rapilli und Schlacken locker aufgethürmt, war in den Jahren 1816 und 1818 allmälig über dem südöstlichen Craterrand sichtbar geworden. Die Eruption vom Monat Februar 1822 hatte ihn dergestalt vergröfsert, dafs er selbst 70 bis 80 Fufs höher, als der nordwestliche Craterrand, (die Rocca del Palo,) geworden war. Dieser merkwürdige Kegel nun, den man sich in Neapel als den eigentlichen Gipfel des Vesuv's zu betrachten gewöhnt hatte, ist bei dem letzten Auswurf, in der Nacht vom 22. October, mit furchtbarem Krachen eingestürzt, so, dafs der Boden des Craters, der seit 1811 ununterbrochen zugänglich war, gegenwärtig 750 Fufs tiefer liegt, als der nördliche, 200 Fufs tiefer, als der südliche Rand des Vulcan's. Die veränderliche Gestalt und relative Lage der Auswurfskegel, deren Öffnungen man ja nicht, wie so oft geschieht, mit dem Crater des Vulcan's verwechseln mufs; giebt dem Vesuv zu verschiedenen Epochen eine eigenthümliche Physiognomie, und der Historiograph des Vulcan's könnte aus dem Umrifs des Berggipfels, nach dem blofsen Anblicke der Hackertschen Landschaften im Pallaste von Portici, je nachdem die nördliche oder südliche Seite des Berges höher angedeutet ist, das Jahr errathen, in welchem der Künstler die Skizze zu seinem Gemälde entworfen hat.

Einen Tag nach dem Einsturz des 400 Fufs hohen Schlackenkegels, als bereits die kleinen, aber zahlreichen Lavaströme abgeflossen waren, in der Nacht vom 23. zum 24. October, begann der feurige Ausbruch der Asche und der Rapilli. Er dauerte ununterbrochen zwölf

Tage fort, doch war er in den ersten vier Tagen am gröfsten. Während dieser Zeit wurden die Detonationen im Innern des Vulcan's so stark, dafs die blofse Erschütterung der Luft (von Erdstöfsen hat man durchaus nichts gespürt) die Decken der Zimmer im Pallaste von Portici sprengten. In den nahe gelegenen Dörfern Resina, Torre del Greco, Torre dell' Annunziata, und Bosche tre Case zeigte sich eine merkwürdige Erscheinung. Die Atmosphäre war dermafsen mit Asche erfüllt, dafs die ganze Gegend, in der Mitte des Tages, mehrere Stunden lang in das tiefste Dunkel gehüllt blieb. Man ging mit Laternen in den Strafsen, wie es so oft in Quito bei den Ausbrüchen des Pichincha geschieht. Nie war die Flucht der Einwohner allgemeiner gewesen. Man fürchtet Lavaströme weniger als einen Aschenauswurf, ein Phänomen, das in solcher Stärke hier unbekannt ist, und durch die dunkle Sage von der Zerstörungsweise von Herculanum, Pompeji und Stabiae die Einbildungskraft der Menschen mit Schreckbildern erfüllt.

Der heifse Wasserdampf, welcher während der Eruption aus dem Crater aufstieg und sich in die Atmosphäre ergofs, bildete beim Erkalten ein dickes Gewölk um die 9000 Fufs hohe Aschen- und Feuersäule. Eine so plötzliche Condensation der Dämpfe, und wie Gay-Lussac gezeigt hat, die Bildung des Gewölkes selbst vermehrten die elektrische Spannung. Blitze fuhren schlängelnd nach allen Richtungen aus der Aschensäule umher, und man unterschied deutlich den rollenden Donner von dem innern Krachen des Vulcan's. Bei keinem andern Ausbruche war das Spiel der elektrischen Schläge so auffallend gewesen.

Am Morgen des 26. Octobers verbreitete sich die sonderbare Nachricht: ein Strom siedenden Wassers ergiefse sich aus dem Crater und stürze den Aschenkegel herab. Monticelli, der eifrige und gelehrte Beobachter des Vulcan's, erkannte bald, dafs eine optische Täuschung dies irrige Gerücht veranlafst habe. Der vorgebliche Strom war eine grofse Menge trockener Asche, die aus einer Kluft in dem obersten Rande des Crater's, wie Triebsand, hervorschofs. Nachdem eine die Felder verödende Dürre dem Ausbruch des Vesuv's vorangegangen war, erregte, gegen das Ende desselben, das so eben beschriebene vulcanische Gewitter einen wolkenbruchartigen, aber lang anhaltenden Regen. Solch' eine Erscheinung characterisirt, unter allen Zonen,

das Ende einer Eruption. Da während derselben gewöhnlich der Aschenkegel in Wolken gehüllt ist, und da in seiner Nähe die Regengüsse am stärksten sind, so sieht man Schlammströme von allen Seiten herabfliefsen. Der erschrockene Landmann hält dieselben für Wasser, die aus dem Innern des Vulcan's aufsteigen und sich durch den Crater ergiefsen; der getäuschte Geognost glaubt in ihnen Meerwasser zu erkennen oder kothartige Erzeugnisse des Vulcan's, sogenannte *eruptions boueuses*, oder wie die alten französischen Systematiker sagten, Producte einer feurig-wässrigen Liquefaction.

Wenn die Gipfel der Vulcane (wie dies meist in der Andeskette der Fall ist) über die Schneeregion hinausreichen, oder gar bis zur zwiefachen Höhe des Aetna anwachsen, so werden, des geschmolzenen und einsinternden Schnees wegen, die so eben beschriebenen Inundationen überaus häufig und verwüstend. Es sind Erscheinungen, die mit den Eruptionen der Vulcane meteorologisch zusammenhängen, und durch die Höhe der Berge, den Umfang ihrer stets beschneiten Gipfel und die Erwärmung der Wände der Aschenkegel vielfach modificirt werden: aber als eigentliche vulcanische Erscheinungen dürfen sie nicht betrachtet werden. In weiten Hölen, bald am Abhange, bald am Fufs der Vulcane, entstehen unterirdische Seen, die mit den Alpenbächen vielfach communiciren. Wenn Erdstöfse, die allen Feuerausbrüchen der Andeskette vorhergehen, die ganze Masse des Vulcan's mächtig erschüttern, so öffnen sich die unterirdischen Gewölbe, und es entstürzen ihnen zugleich Wasser, Fische und tuffartiger Schlamm. Dies ist die sonderbare Erscheinung, welche der Wels der Cyclopen *(Pimelodes Cyclopum)* gewährt, den die Bewohner des Hochlandes von Quito Preñadilla nennen und den ich kurz nach meiner Rückkunft beschrieben habe. Als nördlich vom Chimborazo, in der Nacht vom 19. zum 20. Junius 1698, der Gipfel des 18000 Fufs hohen Berges Carguairazo einstürzte, da bedeckten Schlamm und Fische, auf fast zwei Quadratmeilen, alle Felder umher. Eben so wurden, sieben Jahr früher, die Faulfieber der Stadt Ibarra einem ähnlichen Fischauswurfe des Vulcan's Imbaburu zugeschrieben.

Ich erinnere an diese Thatsachen, weil sie über den Unterschied zwischen dem Auswurf trockener Asche und schlammartiger, Holz,

Kohle und Muscheln umwickelnder Anschwemmungen von Tuff und Trafs einiges Licht verbreiten. Die Aschenmenge, welche der Vesuv neuerlichst ausgeworfen, ist, wie alles was mit den Vulcanen und andern grofsen, schreckenerregenden Naturerscheinungen zusammenhängt, in öffentlichen Blättern übermäfsig vergröfsert worden, ja zwei neapolitanische Chemiker, Vicenzo Pepe und Giuseppe di Nobili, schrieben sogar, trotz der Widersprüche von Monticelli und Covelli, der Asche Silber- und Gold-Gehalt zu. Nach meinen Untersuchungen hat die in zwölf Tagen gefallene Aschenschicht gegen Bosche tre Case hin, am Abhange des Conus, da wo Rapilli beigemengt waren, nur 3 Fufs, in der Ebne höchstens 15 bis 18 Zoll Dicke erreicht. Messungen dieser Art müssen nicht an solchen Stellen geschehen, wo die Asche wie Schnee oder Sand, vom Winde zusammengeweht, oder durch Wasser breiartig angeschwemmt ist. Die Zeiten sind vorüber, wo man, ganz nach Art der Alten, in den vulcanischen Erscheinungen nur das Wunderbare suchte; wo man, wie Ctesias, die Asche des Aetna bis nach der Indischen Halbinsel fliegen liefs. Ein Theil der mexicanischen Gold- und Silbergänge findet sich freilich in trachytartigem Porphyr: aber in der Vesuv-Asche, die ich mitgebracht, und die ein vortrefflicher Chemiker, Hr. Heinrich Rose, auf meine Bitte untersucht hat, ist keine Spur von Gold oder Silber zu erkennen.

So entfernt auch die Resultate, die ich hier entwickele und welche Monticelli's genauern Beobachtungen entsprechen, von denen sind, die man in den letzten Monaten verbreitet hat, so bleibt doch der Aschenauswurf des Vesuv's vom 24. zum 28. October der denkwürdigste, von dem man, seit des älteren Plinius Tode, eine sichere Nachricht hat. Die Menge ist vielleicht dreimal gröfser gewesen, als alle Asche, welche man hat fallen sehen, so lange vulcanische Erscheinungen mit Aufmerksamkeit beobachtet werden. Eine Schicht von 15 bis 18 Zoll scheint, auf den ersten Anblick, unwichtig gegen die Masse, mit der wir Pompeji bedeckt finden; aber ohne auch der Regengüsse und Anschwemmungen zu gedenken, die freilich wohl diese Masse, seit Jahrhunderten, vermehrt haben mögen; ohne den lebhaften Streit wieder aufzuregen, der, jenseit der Alpen, über die Zerstörungsursachen der campanischen Städte mit vielem Scepticismus geführt worden ist, darf

man wohl hier in Erinnerung bringen, dafs die Ausbrüche eines Vulcan's, in weit von einander entfernten Zeitepochen, ihrer Intensität nach keinesweges mit einander zu vergleichen sind. Alle auf Analogien gestützte Schlüsse sind unzureichend, wenn sie sich auf quantitative Verhältnisse, auf Menge der Lava und Asche, auf Höhe der Rauchsäulen, auf Stärke der Detonationen beziehen.

Aus der geographischen Beschreibung des Strabo und einem Urtheile des Vitruvius über den vulcanischen Ursprung des Bimsteins, ersieht man, dafs bis zu Vespasian's Todesjahre, das heifst bis zum Ausbruch, der Pompeji bedeckte, der Vesuv mehr einem ausgebrannten Vulcan, als einer Solfatara ähnlich sah. Wenn plötzlich nach langer Ruhe die unterirdischen Kräfte sich neue Wege eröffneten, wenn sie Schichten von uranfänglichem Gestein und Trachyt wiederum durchbrachen, so mufsten Wirkungen sich äufsern, für welche die später erfolgten kein Maafs abgeben können. Aus dem bekannten Briefe, in welchem der jüngere Plinius den Tod seines Oheims dem Tacitus berichtet, ersieht man deutlich, dafs die Erneuerung der Ausbrüche, man könnte sagen, die Wiederbelebung des schlummernden Vulcan's mit Eruption der Asche anfing. Eben dies wurde bei Xorullo bemerkt, als der neue Vulcan, im September 1759, Syenit- und Trachytschichten durchbrechend, sich plötzlich in der Ebne erhob. Die Landleute flohen, weil sie auf ihren Hüten Asche fanden, welche aus der überall geborstenen Erde hervorgeschleudert ward. Bei den gewöhnlichen periodischen Wirkungen der Vulcane endigt dagegen der Aschenregen jede partielle Eruption. Überdies enthält der Brief des jüngeren Plinius eine Stelle, welche deutlich anzeigt, dafs gleich Anfangs, ohne Einflufs der Anschwemmungen, die aus der Luft gefallene trockene Asche eine Höhe von 4 bis 5 Fufs erreichte. ,,Der Hof,'' heifst es im Verfolg der Erzählung, ,,durch ,,den man in das Zimmer trat, in welchem Plinius Mittagsruhe hielt, ,,war so mit Asche und Bimstein angefüllt, dafs wenn der Schlafende län- ,,ger gezögert hätte, er den Ausgang würde versperrt gefunden haben.'' In dem geschlossenen Raume eines Hofes kann die Wirkung Asche zusammenwehender Winde wohl eben nicht beträchtlich gewesen seyn.

Ich habe es gewagt, meine vergleichende Übersicht der Vulcane durch einzelne, am Vesuv angestellte Beobachtungen zu unterbrechen,

theils des grofsen Interesses wegen, welches der letzte Ausbruch erregt hat, theils aber auch, weil jeder starke Aschenregen uns fast unwillkührlich an den classischen Boden von Pompeji und Herculanum erinnert. In einer Beilage, deren Lesung für diese Versammlung nicht geeignet ist, habe ich alle Elemente der Barometer-Messungen und Notizen über die geognostische Sammlung zusammengedrängt, welche ich am Ende des letztverflossenen Jahres am Vesuv, und in den Phlegräischen Feldern bei Puzzoli zu machen Gelegenheit gehabt habe. Diese kleine Sammlung, so wie die Gebirgsarten, welche ich aus den Euganeen und aus dem von Hrn. von Buch früher und gründlicher untersuchten Fleimserthale, zwischen Cavalese und Predazzo (im südlichen Tyrol) mitgebracht habe, werden dem Königlichen Museum einverleibt werden, einer Anstalt, die durch ihre Gemeinnützigkeit ganz den edlen Absichten des Monarchen entspricht und deren geognostischer Theil, die fernsten Erdstriche umfassend, schon in dieser Hinsicht alle ähnliche Sammlungen übertrifft.

Wir haben bisher die Gestalt und die Wirkungen derjenigen Vulcane betrachtet, die durch einen Crater in einer dauernden Verbindung mit dem Innern der Erde stehen. Ihre Gipfel sind gehobene, durch Gänge mannichfaltig durchschnittene Massen von Trachyt und Laven. Die Permanenz ihrer Wirkungen läfst auf eine sehr zusammengesetzte Structur schliefsen. Sie haben, so zu sagen, einen mehr individuellen Character, der in langen Perioden sich gleich bleibt. Nahegelegene Berge geben meist ganz verschiedene Producte, Leucit- und Feldspathlaven; Obsidian mit Bimstein und olivinhaltige, basaltartige Massen. Sie gehören zu den neueren Erscheinungen der Erde, durchbrechen meist alle Schichten des Flözgebirges, und ihre Auswürfe und Lavaströme sind späteren Ursprungs, als unsere Thäler. Ihr Leben, wenn man sich dieses figürlichen Ausdrucks bedienen dürfte, hängt von der Art und Dauer ihrer Verbindung mit dem Innern des Erdkörpers ab. Sie ruhen oft Jahrhunderte lang, entzünden sich plötzlich wieder und enden als Wasserdampf, Gasarten und Säuren ausstofsende Solfataren. Zuweilen, wie an dem Pic von Teneriffa, ist ihr Gipfel bereits eine solche Werkstatt regenerirten Schwefels geworden, und doch entfliefsen noch mächtige Lavaströme den Seiten des Berges, basaltartig in der

Tiefe, obsidianartig mit Bimstein nach oben hin, wo der Druck (1) geringer ist.

Unabhängig von diesen mit permanenten Cratern versehenen Vulcanen, giebt es eine andere Art vulcanischer Erscheinungen, die seltener beobachtet werden, aber vorzugsweise belehrend für die Geognosie, an die Urwelt, das heifst an die frühesten Revolutionen unsers Erdkörpers erinnern. Trachytberge öffnen sich plötzlich, werfen Lava und Asche aus, und schliefsen sich wieder, vielleicht auf immer. So der mächtige Antisana in der Andeskette, so der Epomaeus auf Ischia im Jahre 1302. Bisweilen geschieht ein solcher Ausbruch selbst in der Ebene, wie im Hochlande von Quito, in Island fern vom Hecla, und in Euboea in den lelantischen Gefilden. Viele der gehobenen Inseln gehören zu diesen vorübergehenden Erscheinungen. Die Verbindung mit dem inneren Erdkörper ist dann nicht permanent: die Wirkung hört auf, sobald die Kluft, der communicirende Canal, wiederum geschlossen ist. Gänge von Basalt, Dolerit und Porphyr, welche in verschiedenen Erdstrichen fast alle Formationen durchschneiden, Syenit, Augithporphyr und Mandelsteinmassen, welche die neuesten Schichten des Übergangsgebirges und die älteste Schicht des Flözgebirges characterisiren, sind wahrscheinlich auf eine ähnliche Weise gebildet worden. In dem Jugendalter unseres Planeten drangen die flüssig gebliebenen Stoffe des Innern durch die überall geborstene Erdrinde hervor; bald erstarrend als körniges Ganggestein, bald sich überlagernd und schichtenweise verbreitend. Was die Urwelt von ausschliefslich sogenannten vulcanischen Gebirgsarten uns überliefert hat, ist nicht bandartig, wie die Laven unserer isolirten Kegelberge, geflossen. Die Gemenge von Augith, Titaneisen, glasigem Feldspath und Hornblende mögen zu verschiedenen Epochen dieselben gewesen seyn, bald dem Basalt, bald dem Trachyt näher: die chemischen Stoffe mögen sich (wie es Herrn Mitscherlich's neue wichtige Arbeiten und die Analogie künstlicher Feuerproducte uns lehren) in bestimmten Mischungsverhältnissen krystallinisch an einander gereiht haben; immer erkennen wir, dafs ähnlich zusammengesetzte Stoffe auf

---

(1) Leopold v. Buch über den Pic von Teneriffa, in den Abhandlungen der Königlichen Akademie zu Berlin 1820-1821. pag. 99.

sehr verschiedenen Wegen an die Oberfläche der Erde gekommen sind, entweder blofs gehoben, oder mittelst temporärer Spalten durch ältere Gebirgsschichten, das heifst durch die früher oxydirte Erdrinde hervorbrechend, oder aus Kegelbergen, die einen permanenten Crater haben, als Lavaströme ergossen. Die Verwechselung dieser so verschiedenartigen Erscheinungen führt die Geognosie der Vulcane in das Dunkel zurück, dem eine grofse Zahl vergleichender Erfahrungen sie allmählich zu entreissen angefangen hat.

Es ist oft die Frage aufgeworfen worden, was in den Vulcanen brenne, was die Wärme errege, bei der Erde und Metalle schmelzend sich mischen. Die neuere Chemie antwortet: was da brennt, sind die Erden, die Metalle, die Alcalien selbst, das heifst die Metalloïde dieser Stoffe. Die feste, bereits oxydirte Erdrinde scheidet das umgebende sauerstoffhaltige Luftmeer von den brennbaren unoxydirten Stoffen im Inneren unseres Planeten. Die Erfahrungen, die man unter allen Zonen in Bergwerken und Hölen gemacht, und die ich mit Herrn Arago in einer eigenen Abhandlung zusammengestellt, beweisen, dafs schon in geringer Tiefe die Wärme des Erdkörpers um vieles höher ist, als an demselben Orte die mittlere Temperatur des Luftkreises. Eine so merkwürdige und fast allgemein bewährte Thatsache steht in Verbindung mit dem, was die vulcanischen Erscheinungen uns lehren. Laplace hat sogar schon die Tiefe zu berechnen versucht, in welcher man den Erdkörper als eine geschmolzene Masse betrachten könne. Welche Zweifel man auch, trotz der gerechten Verehrung, die einem so grofsen Namen gebührt, gegen die numerische Gewifsheit einer solchen Rechnung erheben kann, so bleibt es doch wahrscheinlich, dafs alle vulcanische Erscheinungen aus einer sehr einfachen Ursache, aus einer steten oder vorübergehenden Verbindung zwischen dem Innern und Äufsern unsers Planeten entstehen. Elastische Dämpfe drücken die geschmolzenen, sich oxydirenden Stoffe durch tiefe Spalten aufwärts. Vulcane sind, so zu sagen, intermittirende Erdquellen; die flüssigen Gemenge von Metallen, Alcalien und Erden, die zu Lavaströmen erstarren, fliefsen sanft und stille, wenn sie, gehoben, irgendwo einen Ausgang finden. Auf ähnliche Weise stellten sich die Alten (nach Platon's Phaedon) alle vulcanische Feuerströme als Ausflüsse des Pyriphlegethon vor.

Diesen Betrachtungen sei es mir erlaubt, eine andere noch gewagtere anzuschliefsen. Vielleicht liegt auch in der innern Wärme des Erdkörpers, auf welche Thermometer-Versuche und Beobachtungen über die Vulcane hindeuten, die Ursach eines der wunderbarsten Phänomene, welche die Petrefactenkunde uns darbietet. Tropische Thiergestalten, baumartige Farrenkräuter, Palmen und Bambus-Gewächse liegen vergraben im kalten Norden. Überall zeigt uns die Urwelt eine Vertheilung organischer Bildungen, mit der die dermalige Beschaffenheit der Climate im Widerspruch steht. Zur Lösung eines so wichtigen Problem's hat man mehrerlei Hypothesen ersonnen, Annäherung eines Cometen, veränderte Schiefe der Ecliptik, vermehrte Intensität des Sonnenlichtes. Keine derselben hat den Astronomen, den Physiker und den Geognosten zugleich befriedigen können. Ich meines Theils lasse gern unverändert die Axe der Erde, oder das Licht der Sonnenscheibe, aus deren Flecken ein berühmter Sternkundiger Fruchtbarkeit und Mifswachs der Felder erklärt hat; aber ich glaube zu erkennen, dafs in jeglichem Planeten, unabhängig von seinen Verhältnissen zu einem Centralkörper und von seinem astronomischen Stande, mannichfaltige Ursachen der Wärmeentbindung liegen, durch Oxydationsprozesse, Niederschläge und chemisch veränderte Capacität der Körper, durch Zunahme electrisch-magnetischer Ladung, durch geöffnete Communication zwischen den inneren und äufseren Theilen.

Wo in der Vorwelt die tiefgespaltete Erdrinde aus ihren Klüften Wärme ausstrahlte, da konnten vielleicht Jahrhunderte lang, in ganzen Länderstrecken, Palmen und baumartige Farrenkräuter und alle Thiere der heifsen Zone gedeihen. Nach dieser Ansicht der Dinge, die ich in einem eben erschienenen Werke: Geognostischer Versuch über die Lagerung der Gebirgsarten in beiden Hemisphären bereits angedeutet habe, wäre die Temperatur der Vulcane die des inneren Erdkörpers selbst, und dieselbe Ursach, welche jetzt so schauervolle Verwüstungen anrichtet, hätte einst, auf der neu oxydirten Erdrinde, auf den tiefzerklüfteten Felsschichten, unter jeglicher Zone, den üppigsten Pflanzenwuchs hervorrufen können.

Ist man geneigt anzunehmen, um die wunderbare Vertheilung der Tropenbildungen in ihren alten Grabstätten zu erklären, dafs langbe-

haarte Elephantenartige Thiere, jetzt von Eisschollen umschlossen, einst den nördlichen Climaten ursprünglich eigen waren und dafs ähnliche, demselben Haupt-Typus zugehörige Bildungen, wie Löwen und Luchse, zugleich in ganz verschiedenen Climaten leben konnten, so würde eine solche Erklärungsweise sich doch wohl nicht auf die Pflanzenprodukte ausdehnen lassen. Aus Gründen, welche die Physiologie der Gewächse entwickelt, können Palmen, Pisang-Gewächse und baumartige Monocotyledonen nicht die nordische Kälte ertragen und in dem geognostischen Problem, das wir hier berühren, scheint es mir schwer, Pflanzen- und Thierbildungen von einander zu trennen. Dieselbe Erklärungsart mufs beide Bildungen umfassen.

Ich habe am Schlufs dieser Abhandlung den Thatsachen, die in den verschiedensten Weltgegenden gesammelt worden sind, unsichere hypothetische Vermuthungen angereiht. Die philosophische Naturkunde erhebt sich über die Bedürfnisse einer blofsen Naturbeschreibung. Sie besteht nicht in einer sterilen Anhäufung isolirter Beobachtungen. Dem neugierig regsamen Geiste des Menschen sei es bisweilen erlaubt, aus der Gegenwart in die Vorzeit hinüberzuschweifen, zu ahnen was noch nicht klar erkannt werden kann, und sich an den alten, unter vielerlei Formen wiederkehrenden Mythen der Geogonie zu ergötzen.

Die Elemente der Barometer-Messungen, von welchen in dieser Abhandlung S. 151. die Rede ist, sind nachmals vom Verfasser an Herrn Oltmanns übergeben worden, welcher dieselben mit andern Beobachtungen zusammengestellt und daraus die Resultate gezogen hat, die von ihm in einer eignen Abhandlung der Akademie vorgelegt worden sind. Diese Abhandlung folgt statt der oben erwähnten Beilage am Schlusse dieses Bandes hinter S. 373.

Die Notizen über die geognostische Sammlung werden an einem andern Orte gegeben werden.

Bemerkungen über die natürlichen Ordnungen der Gewächse.

Zweite Abhandlung.

Verhältnifs der Wurzeln und des Stammes zu den natürlichen Ordnungen der Gewächse.

Von

H^rn. LINK.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 31. Juli 1823.]

Das Verhältnifs der Wurzeln zu den natürlichen Ordnungen der Gewächse kann nicht eher bestimmt werden, als man bestimmt hat, was Wurzel zu nennen sei. Denn man rechnet sehr verschiedene Theile zu den Wurzeln, zum Beispiele die Zwiebel, welche doch so wenig Wurzel seyn kann, dafs sie sogar mit einer Wurzel versehen ist, wodurch sie nicht weniger als der Stamm in der Erde wurzelt.

Was unter der Erde sich befindet, kann man nicht alles Wurzel nennen, weil aufser den Zwiebeln und andern Knospen auch noch Ausläufer lang und weit unter der Erde fortkriechen, ehe sie aus derselben hervordringen und sich ohne weitere Veränderung als Stämme zeigen. Eher könnte man sagen, Wurzel sei dasjenige, wodurch sich der Stamm im Boden befestigt. Aber abgesehen davon, dafs es noch einer Erörterung bedürfte, wie sich der Stamm im Boden befestige, würde doch diese Bestimmung die Wurzeln der Wassergewächse ganz ausschliefsen, welche an den Knoten mit den Blättern hervorkommen, und nicht mehr zur Befestigung im Boden, oder wenn man auch sagen wollte im Wasser, beitragen, als die Blätter selbst. Genauer scheint der Begriff, dafs Wurzel sei, wodurch die Pflanze ihre Nahrung aus dem Boden, mag er nun seyn, von welcher Art man will, anziehe. Hedwig hat in einer

Abhandlung: „Was ist eigentlich Wurzel der Gewächse" (Sammlung seiner zerstreuten Abhandlungen S. 69.) mit einer ermüdenden Weitläuftigkeit gezeigt, man müsse nur die feinsten Enden der kleinsten Wurzelfasern und die zarten Haare derselben, die nach seiner, aber unrichtigen Meinung, Spiralgefäſse sind, mit diesem Namen belegen. Es können, sagt er, der Rettig, die Rübe, der Pastinack u. dgl. nicht Wurzeln seyn, eben so wenig, als der berindete Weidenpfahl, welchen man in die Erde setzt damit er Wurzeln treibe. Wenn auch in der ganzen Untersuchung des berühmten Mannes vieles falsch und unrichtig ist, so sieht man doch, wohin jener Begriff führt, dahin nämlich, daſs Theile von so verschiedenem Baue und so verschiedener Natur als ein Weidenpfahl und eine Pastinackwurzel, zusammengestellt werden. Auch kann man noch hinzufügen, daſs viele Pflanzen, z. B. die saftigen, nicht durch die Wurzeln allein, sondern gröſstentheils durch die Blätter ernährt werden, ja wenn eine wurzellose Zwiebel, oder jener von Hedwig angeführte Weidenpfahl Wurzeln treibt, so muſs doch etwas seyn, was vor den Wurzeln die Pflanze nährt, und sie dahin bringt, solche zu treiben.

Treffender ist die Bestimmung, daſs zu den Wurzeln alle Theile gehören, welche unterwärts, das heiſst, unter eine Horizontalfläche zu wachsen streben. Der Trieb, nach einer bestimmten Richtung zu wachsen, ist von einer so groſsen Bedeutung im Pflanzenreiche, daſs man ihn gar wohl zum Unterscheidungsgrunde der Theile annehmen kann.

Wo der Stamm anfängt niederwärts zu wachsen, oder wo die eigentliche Wurzel anfängt, schlieſst sich die Markröhre, und das Holz läuft durch die Mitte der Wurzel fort bis zur Spitze, überall von der Rinde bekleidet. Daſs den Wurzeln das Mark fehle, hat zuerst Medicus als Kennzeichen derselben aufgestellt (Beiträge zur Pflanzen-Anatomie, Leipzig 1794. 2. Hft. S. 69.), obgleich es schon früher von Schmiedel bemerkt wurde. *(Epistol. ad Burmann. adiect. huius Diss. d. Geraniis L. B. 1759. 4.)*. Es ist auch allerdings ein sicheres Kennzeichen, wenn man auf die erste Entwickelung und den Ursprung der Wurzel Rücksicht nimmt. Nirgends ist in der jungen, eben erst entwickelten wahren Wurzel, Mark vorhanden, da es sich hingegen überall da zeigt, wo sich ein Stamm oder Ast entwickelt. Sehr viele

Wurzeln bleiben auch beständig in diesem Zustande, und setzen nie Mark an; dieses gilt nicht allein von den jährigen Pflanzen, sondern auch von vielen Staudengewächsen, ja Bäumen und Sträuchern. Nur in einigen zweijährigen Pflanzen, ferner, doch seltener in den Staudengewächsen, so wie in manchen Bäumen und Sträuchern, dringt das Mark endlich in die Wurzeln, keilt sich aber doch in der Regel so schnell aus, dafs es nicht weit hineindringt. Nur sehr wenige Pflanzen machen hiervon eine Ausnahme. Bernhardi hat schon (Über Pflanzengefäfse Halle 1805. S. 20.) die Balsamine gegen das von Medicus gegebene Kennzeichen angeführt, und allerdings ist diese sehr merkwürdig. Indessen so lange die Wurzel sehr jung ist, zeigt sich in ihr durchaus kein Mark, doch dringt es bald ein, keilt sich nicht schnell aus, sondern verbreitet sich durch alle gröfseren Äste und hört erst gegen die feineren auf. Auch in einigen brasilischen Palmen habe ich das Mark auf eine ganz ähnliche Weise tief in die Wurzeln eindringen gesehen. Hingegen sind die von Voigt (System der Botanik, Jena 1808. S. 25.) angeführten Pflanzen *Cyathea medullaris*, *Cochlearia Armoracia* und *Cynara Scolymus* keinesweges Ausnahmen von der Regel. Was an *Cyathea medullaris* Wurzel scheint, ist ein Rhizom, und an *Cynara Scolymus* und *Cochlearia Armoracia* findet man, genau betrachtet, kein Mark, sondern das Zellgewebe ist überall zwischen die Holzbündel so eingedrungen, dafs man das Holz für Mark halten sollte. Die knolligen Wurzeln mancher Gewächse, z. B. *Spiraea Filipendula*, haben allerdings Mark, aber es finden sich neben ihnen andere Wurzeln, welche nicht knollig geworden, und ganz ohne Mark sind.

Wird diese Bestimmung der Wurzel angenommen, dafs nämlich das Mark niemals in ihr bis an die Spitze fortgehe, sondern in der Regel gar nicht vorhanden sei, oder sich bald auskeile oder nur äufserst selten sich weit hinein, doch nie bis ans Ende erstrecke, so begründet die Wurzel eine erste Hauptabtheilung der Gewächse ungemein scharf und schärfer als alle andern Theile. Zuerst kommen die Pflanzen mit ächten Wurzeln *(Phanerophyta)*, dann die Pflanzen welchen die ächten Wurzeln fehlen, welche aber an deren Statt mit haarförmigen Theilen versehen sind, Moose *(Musci)* und endlich die Pflanzen, denen ebenfalls die ächten Wurzeln fehlen, an deren Statt sich aber oft Verlängerungen

des Pflanzenkörpers finden, welche sich in ihrem innern Baue von diesen nicht unterscheiden *(Cryptophyta)*. Zu der erstern Klasse gehören auch die Farrenkräuter, welche zwar, wie die übrigen Pflanzen derselben Klasse, Spiralgefäfse haben, aber, nach den Grundsätzen der vorigen Abhandlung, verdienen getrennt zu werden, da ihre Blüten von einer ausgezeichneten Unvollkommenheit sind.

Die Wurzeln der Moose haben einen besonderen Bau. Man findet in ihnen keine Zellen und keine Fasergefäfse; sie scheinen nur einen Canal, wie die Haare, auszumachen; doch haben sie niemals Querwände. Es müssen die kotyledonenartigen Theile nicht mit Haaren verwechselt werden, welche gar oft auch sehr schmal und röthlich sind, und am Stamme wachsen. Von den Haaren unterscheiden sich jene Wurzeln dadurch dafs sie eine rothe Farbe haben, auch dicker sind, besonders dafs der Canal in ihnen, verhältnifsmäfsig zur ganzen Dicke, kleiner zu seyn scheint.

Die unächten Wurzeln der *Cryptophyta* fehlen oft ganz. Durch den Mangel derselben werden einige Gattungen der Hauptabtheilung *Conferva* sehr gut bezeichnet. In den übrigen Algen mufs die Stelle für Wurzel gelten, wo der Thallus auf fremde Körper aufgewachsen ist, und zuweilen breitet sich der Thallus daselbst so sehr aus, dafs niemand ihm den Namen Wurzel verweigert hat.

Viele *Lichenen* wurzeln durch die Körner, woraus ihr ganzer krustenförmiger Thallus besteht. Man kann also sagen, dafs ihnen die Wurzeln ganz fehlen. Andere wurzeln durch fadenförmige oder kegelförmige Verlängerungen des Thallus von sehr verschiedener Gröfse, und diese Art der Wurzelung kann sehr gut dienen, die Gattungen zu bezeichnen.

Auch den meisten Pilzen fehlt die unächte Wurzel. Sie sind mit ihrem Sporangium, oder mit den Theilen, welche dieses unterstützen, geradezu auf den fremden Körpern angewachsen. Strahlenförmige Haare oder Flocken bezeichnen zuweilen die Stelle; man kann sie als wurzelartig betrachten, wie denn Herr Ehrenberg danach die Gattung *Rhizopus* von *Mucor* trennt. In der Regel ist es aber der flockige Thallus selbst, wodurch sich der Pilz anheftet und wurzelnd erscheint. Aber nur in den Pilzen nimmt der Thallus eine wahre Wurzelgestalt

an, wo er sich ästig verbreitet, wie an einigen Arten von *Agaricus, Merulius, Boletus* u. s. w., in welchen er sich oft so sehr verbreitet, dafs man ihn für besondere Vegetabilien gehalten und in Gattungen und Arten getheilt hat.

Die grofse Klasse der Phanerophyten theilte Richard statt der Eintheilung in Monokotyledonen und Dikotyledonen auf eine, seiner Meinung nach, gleich geltende, aber schärfer bestimmte Weise in Endorhizen und Exorhizen ein, zwischen welche er noch die dritte Mittelklasse der Synorhizen einschob. (S. *Démonstrations botaniques ou Analyse du fruit par Cl. L. Richard publ. p. F. A. Duval.* 8. *Paris* 1808. auch deutsch: Analyse der Frucht von C. L. R. übersetzt von F. S. Voigt. Leipz. 1811.). Gegen diese Eintheilung ist ein Aufsatz von Aug. St. Hilaire (*Annales d. Museum T.* 18. *p.* 461.) in sofern gerichtet, als darin gezeigt wird, es keime *Tropaeolum*, eine entschiedene Dikotyledone, auf eine ganz ähnliche Weise als die Monokotyledonen. Wir wollen aber gleich zeigen, dafs diese Unterscheidung, so wie sie Richard aufstellt, nicht ganz genau ist.

Exorhizus nennt Richard einen Embryo, dessen Radicula sich zur wirklichen Wurzel verlängert; *Endorhizus* einen Embryo, dessen Radicula ein oder mehrere Radicalknötchen einschliefst, und *Synorhizus* einen Embryo, dessen Wurzel noch mit dem Endosperm zusammenhängt. Es ist aber keinesweges richtig, dafs sich die Radicula des Embryo der Exorhizen in die wirkliche Wurzel verlängert, sondern nur der Endknoten treibt die Wurzel hervor. Wenn man das Würzelchen von *Phaseolus vulgaris* oder *Vicia Faba*, oder irgend einem andern Embryo, wo er von einiger Gröfse ist, genau untersucht, so wird man in demselben immer das Mark so ausgezeichnet finden, dafs man nicht zweifeln kann, die Radicula werde beim Keimen nicht zur Wurzel, sondern zum Stamme werden. Die Wurzel tritt dagegen aus einer kleinen Warze hervor, welche sich an der Spitze der Radicula befindet, und aus Zellgewebe besteht, in denen sich weder Fasergefäfse noch Spiralgefäfse finden lassen. Ich habe die Sache schon auf diese Weise in den Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Götting. 1807. S. 236. Fig. 73. vorgestellt und den Schlufs gezogen, dafs immer die Radicula sich in den künftigen Stamm, nicht in die Wurzel verwandele. Wäre

mir damals schon Richard's Eintheilung bekannt gewesen, so würde ich gegen ihn behauptet haben, dafs alle Pflanzen Endorhizen wären.

Aber es giebt allerdings einen Unterschied. Die Exorhizen nach Richard, haben das Knötchen, woraus die Wurzel entsteht, auswärts als Anhängsel am Ende der Radicula: die Endorhizen haben es inwendig, oder die Wurzeln brechen aus dem Innern der Radicula hervor. Indessen wird es doch schwer seyn, den Unterschied festzuhalten. Jener Anhängsel, woraus die Wurzel der Exorhizen entsteht, ist oft so klein, dafs man ihn kaum, oder gar nicht gewahr wird, und in vielen Fällen scheint er gar nicht vorhanden zu seyn. Dann verschwindet der Unterschied ganz und gar. In den Endorhizen ist allerdings der Embryo überall mit einer Hülle umgeben, welche sich an den Exorhizen nicht findet, aber diese Hülle kann so zart werden, dafs es äufserst schwer ist, sie noch zu erkennen. So fällt aller Unterschied zwischen den Exorhizen und Endorhizen weg, der überhaupt so bedeutend nicht ist, als ihn Richard angab.

Der Bau der Wurzeln ist übrigens in den Monokotyledonen und Dikotyledonen völlig derselbe. Man sollte glauben, er müsse verschieden seyn, da doch der dicht daran gränzende Stamm in den meisten Fällen sehr verschieden ist. Aber so wie sich die Markhöhle in den Dikotyledonen da schliefst, wo die Wurzel hervorgeht, und der Holzbündel allein durch die Mitte fortgeht, so treten auch die verschiedenen Holz- oder Gefäfsbündel in den Monokotyledonen zusammen und bilden hier wie dort, ein Holzbündel, welches durch die Mitte der Wurzel fortläuft.

Es bleibt also nur noch übrig, den Unterschied zwischen einer Pfahlwurzel und einer büschelförmigen oder Zaserwurzel, in Rücksicht auf die natürlichen Ordnungen, in Betracht zu ziehen. Schon längst habe ich gesagt, dafs alle Monokotyledonen büschelförmige oder Zaserwurzeln, nie Pfahlwurzeln haben (Grundlehre der Anatom. u. Physiol. der Pflanzen, S. 127.) und es ist mir seitdem auch keine Ausnahme von dieser Regel vorgekommen. Alle Palmenwurzeln, deren ich viele seit der Zeit zu untersuchen Gelegenheit gehabt habe, gehören zu den büschelförmigen, nie sind sie Pfahlwurzeln. Aber umgekehrt gilt der Satz nicht. Denn es giebt auch Dikotyledonen mit büschelförmigen Wurzeln, obgleich nicht so häufig, als man glauben möchte. Viele,

denen man eine solche zuschreibt, haben wirklich eine, obwohl kurze Pfahlwurzel. In einer natürlichen Ordnung, den Ranunkulaceen ist die Zaserwurzel in der Regel vorhanden, und sie geht nur in einigen Gattungen *Aconitum* und *Delphinium* in die Pfahlwurzel über. Auch kommt sie in solchen Pflanzen vor, welche ein Rhizom haben, wovon bald die Rede seyn wird. Übrigens ist es schwer in manchen Fällen beide Arten von Wurzeln genau zu unterscheiden, weil nicht allein eine sehr kurze und wenig stärkere Pfahlwurzel eine büschelförmige scheinen kann, sondern auch weil auch wohl eine büschelförmige Wurzel, woran eine Zaser gröfser und stärker geworden ist als die übrigen, einer Pfahlwurzel sehr gleicht.

Die Farrenkräuter überhaupt, im Baue den Monokotyledonen am ähnlichsten, kommen auch hierin mit denselben überein. Sie haben niemals eine Pfahlwurzel, sondern es kommt aus dem Rhizom eine Menge einzelner Zaserwurzeln hervor. Auch ist der Bau derselben ganz verschieden von dem Baue der Stämme und Blattstiele, wie dieses in den Monokotyledonen auch der Fall ist. Ich finde in den Wurzelzasern der baumartigen Farrenkräuter, in der Mitte, ein Bündel von vier bis sechs grofsen Spiralgefäfsen, oft so grofs, dafs man die Mündung mit einer Loupe sehr gut erkennen kann. Diese nehmen die Stelle der Holzbündel ein und sind von der Rinde durch eine Lücke gesondert. Die Rinde selbst ist ganz aus der braunen Haut zusammengesetzt, welche in dem Stamme und den Blättern die Spiralgefäfse umgiebt, und die Stelle der Fasergefäfse einnimmt. Sie besteht aus langen weiten Zellen, mit den Enden neben, nicht aneinander liegend, und folglich zu den Bastzellen gehörig. Es unterscheidet sich also der Bau der wahren Farrenkrautwurzeln von dem Bau aller andern Wurzeln, so wie auch der Stamm und die Blattstiele einen eigenthümlichen Bau in diesen Gewächsen zeigen.

Die Wurzeln, welche aus den Zweigen der Pflanzen hervorkommen, auch ohne Berührung von Erde und Wasser, und welche man daher Luftwurzeln nennt, bestehen, wie die Wurzeln in der Erde und im Wasser, aus Holz in der Mitte und Rinde im Umfange, ohne alle Spur von Mark. Mir sind keine Ausnahmen bekannt. Sie finden sich nur an Pflanzen warmer Gegenden, und sind zwar einigen Gattungen

Ficus, *Rhizophora* u. s. w. besonders eigen, doch haben nicht immer alle Arten einer solchen Gattung, Luftwurzeln.

Wenn wir aber zu den Wurzeln alle Theile rechnen, welche unterwärts zu wachsen streben, so mufs auch der untere Theil des Stammes dahin gerechnet werden. Er wächst oft deutlich nach unten, wie man leicht gewahr wird, wenn man Pflanzen derselben Art in verschiedenem Alter mit einander vergleicht. Er treibt dort viele Gemmen, woraus Nebenstämme oder Äste sich entwickeln, und diese Gemmen stehen frei, nicht in dem Winkel eines Blattes, wie die Gemmen an der obern Pflanze. Zuweilen verdickt sich der Stamm dabei sehr ansehnlich, und bildet gleichsam eine Zwiebel oder eine Knolle. Alle Farrenkräuter steigen auf diese Weise in die Erde, und da Ehrhart sich bei der Beschreibung der Farrenkräuter des Ausdruckes *Rhizoma* bediente, um diesen Theil zu bezeichnen, so mufs er den Namen *Rhizom* behalten. Zwischen dem Stamme mit und ohne Rhizom giebt es mannichfaltige Übergänge; der Stamm steigt oft gar nicht in die Erde, aber er verdickt sich über derselben und bringt dort viele Gemmen hervor, oder er steigt weniger oder mehr nieder, weniger oder mehr verdickt, hat mehr oder weniger Gemmen. Wo er sich in der Erde befindet, pflegen Wurzelzasern hervorzukommen. Der innere Bau ist wie der Bau des Stammes; das Mark ist in grofser Menge vorhanden. Da aber Gefäfsbündel zu den Gemmen abgehen, und dieser oft sehr viele vorhanden sind, so scheint dann das Parenchym mit diesen Gefäfsbündeln so durchzogen, dafs es einige Ähnlichkeit mit den Knollen bekommt, in denen ebenfalls das Parenchym mit Gefäfsbündeln durchzogen ist.

In *Allium descendens* ist das Niederwachsen des Stammes als Rhizom sehr auffallend und seit langen Zeiten bekannt. Eben so haben auch die Pflanzen mit abgebissener Wurzel ein Rhizom, keine eigentliche Wurzel.

Das Rhizom findet sich bei allen Farrenkräutern, übrigens auch bei vielen andern sowohl Monokotyledonen als Dikotyledonen, und zwar zerstreut, nicht bestimmten natürlichen Ordnungen eigen. Es ist, wie die Zaserwurzel für die Monokotyledone, ein durchgreifendes Kennzeichen für die Farrenkräuter, aber auch ein übergreifendes in andere natürliche Ordnungen.

Es giebt aber auch unterirdische Stämme, welche aus dem untern Theile des Hauptstammes, oder auch aus der Wurzel hervorkommen, und zuweilen, wenigstens im Anfange, gewöhnlich aber seitwärts fortwachsen. Sie sind von einer doppelten Art. Einige steigen wiederum aus der Erde als Stamm unverändert hervor, nur dafs sie über der Erde vollkommene Blätter tragen, welche unter der Erde nicht gehörig auswachsen können, sondern sich dort nur als Scheiden an den Knoten zeigen. Hieher gehören die sogenannten Wurzeln von *Triticum repens* und *Carex arenaria*. Sie sind häufig, und oft nur einzelnen Arten eigen, indem sie andern derselben Gattung fehlen; überhaupt bezeichnen sie keine natürliche Abtheilung. Die andern bleiben immer unter der Erde verborgen, und verwandeln sich nicht geradezu in einen Stamm, indem sie über der Erde sich erheben, sondern entwickeln die Stämme aus Seitengemmen, oder senden nur Blüthenschafte hervor, welche an der Basis mit Blättern versehen sind. Unter der Erde sind sie dick, mannichfaltig gebogen, mit dichten Ringen oder Knoten und ohne Scheiden oder Blätter, und im Äufsern so sehr von den wirklichen Stämmen verschieden, dafs man sie immer zu den Wurzeln gerechnet und knollige Wurzeln oder Knollen genannt hat. Der innere Bau stimmt, von der ersten Jugend an, so genau mit dem Baue der Stämme überein, dafs man sie durchaus nicht von einander trennen kann. Die Gefäfsbündel stehen in Kreisen zusammen, gewöhnlich in mehreren Kreisen; alles übrige ist Parenchym, und stellt Mark und Rinde vor. Aufser den Monokotyledonen finden sie sich, soviel ich weifs, an keiner Pflanze; aber dort sind sie verschiedenen Ordnungen ausschliefslich eigen. Sie kommen zuerst in der Ordnung der *Scitamineae*, und zwar sowohl der *Cannaceae*, als *Alpiniaceae* vor, und treiben hier wahre Stämme mit Knoten und Blättern über der Erde. Dann finden sie sich in den *Irideis*, und wechseln hier mit der Zwiebelknolle (*Gladiolus, Crocus,*) ab, senden aber nur Schafte aus. Eine etwas unregelmäfsige Gestalt haben sie in den *Orchideis*, und fallen hier mit den Rhizom zusammen. Sie bezeichnen mit der Zwiebel zugleich, insofern sie auch nur einen Schaft treibt, eine natürliche Ordnung in den Monokotyledonen, welche man *Hemerocallideae* nennen kann. Aufserdem haben diese Pflanzen eine regelmäfsige, gefärbte, unten meistens in ein Stück verwachsene

Blumenhülle *(perigonium)*, und einen freien Fruchtknoten, in der Blüthe, nebst sechstheiliger Eintheilung der Blüthentheile. Hierher würde ich die dritte, vierte und fünfte Abtheilung der Jussieuschen Ordnung *Asphodeli* rechnen, und die erste Ordnung der *Narcissi*. Eben so könnte dieser Wurzelbau dazu dienen, um die *Convallariaceae* von den *Dracaenaceae* und *Asparageae* zu scheiden. Doch ist er hier etwas abweichend. Der unter der Erde befindliche Stamm von *Convallaria, Paris, Trillium*, schickt einen beblätterten, aber sehr dünnen Stamm ohne Äste hervor, so dafs man ihn als einen Blüthenschaft ansehen möchte, und die Blätter als Brakteen. Zu diesen Kennzeichen kommt noch die Beerenfrucht, um diese Ordnung von den eigentlichen *Liliaceae* zu unterscheiden, welche eine Zwiebel und einen gleichfalls nicht ästigen Stamm haben.

Es ist bekannt, dafs Jussieu mit der Abtheilung der Ordnungen in den Monokotyledonen selbst nicht zufrieden war, und Brown sah sich gezwungen, die schwarze, krustenartige, zerbrechliche Kruste als Hauptkennzeichen der *Asphodeleae* anzusehen. Auch vereinigt Brown *Asparagus* und die verwandten Gattungen mit den *Asphodeleae*, welches mir unnatürlich scheint. Man darf also wohl empfehlen, die Aufmerksamkeit auf den Bau der unterirdischen Theile zu richten, um dadurch treffende Kennzeichen natürlicher Ordnungen zu finden.

Wir können also folgende Bildungstufen der Wurzelung annehmen: 1) Keine Wurzel. Hieher gehören sehr viele Pilze, einige Algen und Lichenen. 2) Die Pflanze wurzelt durch unächte Wurzeln oder Fortsätze des Körpers, welche im Baue nicht verschieden sind von dem Baue des übrigen Körpers, oder durch die Basis des Körpers selbst. Die übrigen Cryptophyten. 3) Haarförmige Wurzeln. Die Moose. 4) Ächte Wurzeln, und zwar eine büschelförmige oder Zaserwurzel. Hier ist nämlich der Hauptstamm die Wurzel, gleichsam unentwickelt, zurückgeblieben, und die Äste derselben sind geradezu aus dem Stamme der Pflanze selbst hervorgetreten. Die Farrenkräuter, alle Monokotyledonen, einige Dikotyledonen, besonders *Ranunculaceae*. 5) Ächte Wurzel, und zwar Pfahlwurzel. Die meisten Dikotyledonen. Was von den knolligen Wurzeln vorgetragen ist, gehört eigentlich zum Stamme.

Der Stamm an und für sich betrachtet, ohne auf die Blätter Rücksicht zu nehmen, bietet keine grofse Mannichfaltigkeiten dar. Wir treffen hier zuerst auf den Unterschied des Baues in den Monokotyledonen und Dikotyledonen, dessen im Allgemeinen schon in der vorigen Abhandlung gedacht worden ist. Desfontaines machte zuerst in einer Abhandlung auf diesen Unterschied aufmerksam *(Mémoires de l'Institut des Sc. phys. T. I, p. 478.)*, und setzte den Unterschied zwischen dem Holze einer Palme und dem Holze eines Baumes aus der Abtheilung der Dikotyledonen vortreflich auseinander. Er hat sich aber nur auf den Unterschied der holzartigen Stämme *(tiges ligneuses)* beider Abtheilungen eingeschränkt, und stellt die Anwendung auf die krautartigen Gewächse ferneren Untersuchungen anheim. Darauf hat man nicht geachtet, und den von Desfontaines angegebenen Unterschied als völlig durchgreifend zwischen den Monokotyledonen und Dikotyledonen angegeben. Dafs er aber dieses nicht sei, zeigte ich in den Grundl. d. Anatom. d. Pfl. S. 142 folg. Der Unterschied ist, wie der von Pfahl- und Zaserwurzel, so zu sagen, übergreifend; das büschelförmige Holz findet sich durchaus in allen Monokntyledonen, aber es findet sich auch in einigen Dikotyledonen.

Der Stamm einer Palme besteht aus ziemlich gleichförmigen Zellgewebe, in welchen sich zerstreute Gefäfs- oder Holzbündel befinden. Diese Holzbündel stehen zerstreut ohne Ordnung, und laufen in gerader Richtung von der Wurzel bis zum Schopf, wo die Blätter ausgehen. Ein ähnlicher Bau findet sich in den Stämmen der *Dracaena,* der baumartigen *Aloë* u. s. w.

Verschieden davon ist schon der Bau der Gräser, Cyperoïdeen, Scitamineen u. s. w. Der Stamm besteht ebenfalls aus ziemlich gleichförmigen Zellgewebe, aber die Holzbündel liegen darin nicht zerstreut, sondern in concentrischen Kreisen, so dafs man Rinde und Mark durch jene Kreise unterscheiden könnte, obwohl in dem Zellgewebe selbst kein Unterschied vorhanden ist, auch das Äufsere mit dem Innern zwischen den Holzbündeln in vollkommener Gemeinschaft steht.

In einigen *(Commelina, Tradescantia,)* zeigt sich im Umfange schon eine etwas verschiedene Schicht von Zellgewebe, welche man Rinde nennen kann.

In den übrigen Monokotyledonen und manchen Dikotyledonen findet sich ein völlig zusammenhangender Ring von Fasergefäfsen, als innere Rinde, aber ohne alle Spiralgefäfse. Er trennt die äufsere, nur aus Parenchyma bestehende Rinde von dem innern Zellgewebe ganz und gar. Hierauf folgen die Holzbündel in concentrischen Kreisen, wie in den vorigen. Die beiden natürlichen Ordnungen, die kürbisartigen und die pfefferartigen Pflanzen haben völlig denselben Bau, auch in holzigen Stämmen. So sieht man ihn in *Carica Papaya,* und den gröfseren holzigen Pfefferarten. Wahrscheinlich ist Richard durch den innern Bau des Stammes in den Pfefferarten auf den Gedanken gekommen, diese natürliche Ordnung zu den Monokotyledonen zu rechnen. Aber dieses ist gewifs unrichtig. In dem hiesigen Königl. botanischen Garten haben manche Pfefferarten gekeimt, und ich habe mich genau überzeugt, dafs die beiden Saamenblätter, womit sie keimen, nicht später hervorgetretene Blätter, sondern wirklich die Kotyledonen sind. Aber auch die kürbisartigen Pflanzen haben völlig denselben Bau, ungeachtet niemand zweifeln kann, dafs sie zu den Dikotyledonen gehören.

Der Unterschied des Baues in beiden grofsen Abtheilungen ist nicht ursprünglich, oder schon in den jungen Pflanzen und Ästen vorhanden, sondern zeigt sich erst später. Die Holzbündel der Dikotyledonen stehen zuerst von einander getrennt in concentrischen Kreisen, gerade wie bei den Liliaceen und andern monokotyledonen Pflanzen. Erst mit der Zeit wachsen die Kreise in einen zusammenhängenden Holzring zusammen welcher nun das Mark von der Rinde vollkommen scheidet.

Eine Mittelgestalt finde ich in *Amaranthus.* Nur die äufsern concentrischen Kreise von Holzbündeln vereinigen sich in einen vollkommenen Ring; die inneren bleiben immer getrennt, und der Bau der Monokotyledonen und Dikotyledonen ist hier vereinigt.

Die Farrenkräuter haben den Bau der Monokotyledonen, doch mit einigen Abänderungen. Die Holzbündel stehen zerstreut im Zellgewebe des Stammes, woran man keine Spur von Rinde gewahr wird. Sie sind wie gewöhnlich zunächst vom braunen Zellgewebe umgeben, wie in den Blattstielen und Blättern, aber nicht rund oder rundlich wie in den Palmenstämmen, sondern zusammengedrückt und gebogen. In den älteren Stämmen wird die Biegung so stark, dafs die Ränder wieder

zusammentreten, und ein vollkommner Holzring das Zellgewebe wie Mark umschliefst. Solche kleine Holzringe finden sich in Menge zerstreut in dem Stamme. Diesen Bau habe ich an einigen baumartigen Farrenkräutern bemerkt, welche ich zu untersuchen Gelegenheit gehabt. Es ist merkwürdig, dafs sich ein ähnlicher Bau zuweilen an versteinertem Holze findet (1). Unsere einheimischen Farrenkräuter haben nur Rhizom und Blattstiele, keinen eigentlichen Stamm.

Der Stamm der Moose hat den einfachsten Bau. Man bemerkt keine verschiedene Schichten oder Lagen in ihm, sondern er besteht ganz und gar aus solchen länglichen Zellen, welche man Bastzellen zu nennen pflegt. Sie sind fast immer mit einer rothen Flüssigkeit getränkt. Eben so der Stamm der Lebermoose. Aber hier verschwindet er plötzlich, und wir haben nichts ähnliches im ganzen Pflanzenreiche, wie der rasche Übergang von den mit einem Stamme versehenen Jungermannien zu den stammlosen darbietet. Die Fructification bleibt dieselbe, indem der Stamm mit deutlichen Blättern plötzlich verschwindet, und an dessen Statt eine blattartige Ausdehnung mit Nerven versehen erscheint. Diese Nerven enthalten sehr lange, und grofse zähe Fasergefäfse, der übrige Theil besteht aus grofsen Zellen, wie die Zellen der Moose. Auch die Wurzeln sind bei dieser Veränderung beständig geblieben; sie sind den Wurzeln der Laubmoose ganz ähnlich.

Die büschelförmige Wurzel oder Zaserwurzel entspricht dem Stamme der Monokotyledonen. Auch in diesem liegen die Holzbündel von einander getrennt. Das Zellgewebe legt sich um die zerstreuten Holzbündel und tritt als Zaserwurzel hervor. In den Dikotyledonen hingegen hält sich das Holz in einem Ringe zusammen, und erzeugt eben so am Ende des Stammes die einfache Pfahlwurzel. So entspricht die einfache Haarwurzel der Moose ihrem einfach gebildeten Stamme. Aber dafs diese Kennzeichen, welche in einem grofsen Umfange mit einander übereinstimmen, in einigen Ordnungen aus einander laufen

---

(1) Wahrscheinlich ist also die Bildung in dem versteinerten, sogenannten Staarenholze, von welcher ich in dem Buche: Die Urwelt oder das Alterthum S. 45. geredet habe, von einem Farrenkraute. Doch weicht sie von der hier beschriebenen allerdings noch ab; wenn sie auch viele Ähnlichkeit zeigt.

würden, liefs sich nach der vorigen Abhandlung wohl erwarten. Dieses ist nun der Fall in den kürbifsartigen Pflanzen auf der einen und den ranunkelartigen Pflanzen auf der andern Seite und eben so bei dem blattartigen Lebermoose.

Ich nenne *Thallus* in der Klasse der Kryptophyten den Theil, welcher austreibt, fortwuchert und dadurch die Pflanze vermehrt oder vergröfsert. Acharius gab zuerst der Unterlage der Lichenen diesen Namen, welchen sie auch wohl verdient. In den crustenförmigen Lichenen ist der Bau dieses Theils sehr einfach; er besteht aus unregelmäfsigen zusammengehäuften Körnern. Die blattförmigen hingegen bestehen aus zarten verwickelten Fäden oder Fasergefäfsen, mit einer Haut, welche aus kleinen Zellen besteht, umgeben. An jenen, den krustenförmigen Lichenen läfst sich kein besonderer Theil als Wurzel angeben; die Körner sind geradezu an ihren Boden geheftet. Dieses ist auch der Fall mit den blattförmigen Lichenen *Cetraria, Ramalina* u. a., dagegen haben *Peltidea* und *Parmelia* besondere fadenförmige Fortsätze, durch welche sie wurzeln.

Die aus einer einfachen nicht zelligen Membran bestehenden Wasseralgen schwimmen meistens ohne Wurzelung im Wasser. Hingegen diejenigen, welche wie die blattartigen Lichenen einen zusammengesetzten Bau haben und aus einer zelligen Haut bestehen, worin sich dicke, gallertartige, gewundene Gefäfse befinden, sind gröfstentheils aufgewachsen. Auch diese Kennzeichen weichen aus einander. Es giebt blofs häutige aber aufgewachsene Algen, und die Nostocharten sind schwimmende gallertartige Algen. Die Gattung *Collema* steht ganz zwischen den Lichenen und den Algen in der Mitte. Ihr Inneres besteht aus einer Gallerte in welcher man eben so längliche, schlauchförmige Körper eingeschlossen findet, als in der Gallerte der *Conferva fluviatilis*.

An den Pilzen kann nur das flockige Gewebe *Thallus* genannt werden, denn dieses wächst allein durch Verästelung weiter. Es ist entweder ganz locker ausgebreitet oder verwickelt, und dann sind in dasselbe Zellen oder rundliche Schläuche oder wie man sie nennen will, verwebt, oft so sehr, dafs das Ganze einen festen Körper darstellt. Dieses zellige Wesen hat Herr Ehrenberg in einer Abhandlung *de Mycetogenesi (N. Act. Acad. Caesar. Leopoldin. Carolin. T. X. P. I. p.* 174.)

ganz geläugnet; aber durch den Widerspruch dieses trefflichen Beobachters aufmerksam gemacht, habe ich die Beobachtungen oft wiederholt, und jene Zellen oft gefunden, so daſs man an ihnen nicht zweifeln kann. Die lange Zelle oder das Fasergefäſs in der Verbindung mit der kurzen Zelle bilden die Dyas, woraus die Pflanzenformen hervorgehen, nicht die bloſse Verwachsung gleichartiger Fäden, wie Herr Ehrenberg meint. Einige höchst unvolkommene Pilze z. B. die Gattung *Caeoma* haben gar keinen *Thallus*.

Auſser den angegebenen sind nur noch wenige Verschiedenheiten des Stammes bekannt, welche auf die natürlichen Ordnungen Bezug haben könnten. Die Gestalt des Holzes in den Dikotyledonen ist nicht immer rund, sondern eckig, und diese Form steht in Beziehung auf die Stellung der Äste und Blätter. Doch kommt hier nur die viereckige oder fünfeckige Form in Betrachtung; eine andere ist nicht vorhanden, oder nur scheinbar, und eine entstellte vier- und fünfeckige. Nicht immer stimmen die Ecken des Holzes mit den Ecken des Stammes überein, wie schon Hill gezeigt hat; diese werden von einer dicken Rinde nicht selten überdeckt und der Umfang des Stammes dadurch gerundet.

Bündel von Fasergefäſsen ohne Spiralgefäſse durchziehen oft die Rinde, getrennt vom Holze, in einer geraden Richtung von oben nach unten. Am deutlichsten sieht man sie an den *Labiatis*, wo sie die Kanten des Stammes einnehmen. Daher rührt auch die Sonderbarkeit an diesen Pflanzen, daſs die Ecken des Stammes nicht in die Blattstiele oder in die Hauptnerven des Blattes auslaufen, wie an den *Rubiaceis*, wo die Ecken des Stammes von den zu den Blättern laufenden Holzbündeln herrühren, sondern in die Seiten des Blattes. Eben so durchziehen sie den Stamm der Casuarinen in bestimmten Zwischenräumen und zwischen ihnen liegt das der äuſsern Rinde gewöhnliche lockere Zellgewebe. Man kann mit bloſsen Augen gar leicht die feinen weissen Streifen der Fasergefäſse von dem dunkelgrünen Zellgewebe unterscheiden. An *Ephedra* liegen die Bündel nahe zusammen und sind nicht durch Furchen getrennt, wie an vielen Arten von *Casuarina*. An den letztern werden auch die Stellen des Überzuges, da wo die Fasergefäſse nicht liegen, früher braun, und verwelken, bis endlich die ganze Rinde eine

braune Farbe annimmt, woraus man einen Nebenbeweis ziehen kann, dafs die Fasergefäfse vorzüglich den Saft herbeiführen und seitwärts verbreiten. Wegen dieses sonderbaren Baues, wegen der fehlenden Blätter und anderer Sonderbarkeiten, verdienten wohl *Ephedra* und *Casuarina* von den *Coniferis* getrennt zu werden, aber doch wegen der grofsen Verschiedenheit der Staubbeutel und Frucht in diesen beiden Gattungen, zwei verschiedene Abtheilungen einer neuen Ordnung zu bilden.

Jene Bündel von Fasergefäfsen in der Rinde bilden einen übergehenden Charakter. Sie werden häufiger, zarter, die Gefäfse werden kürzer und nähern sich der Zellenform des Bastes oder Parenchyms, so dafs endlich die gewöhnliche Bildung der Rinde wieder erscheint. Man sieht sie an den Umbellenpflanzen auf diese Weise übergehend.

Schon die ältern Botaniker nennen Knoten da wo ein Ast entsteht. Man kann diesen Ausdruck behalten, nur mufs man nicht fordern, dafs dieser Knoten angeschwollen sei. Die Gräser haben meistens solche angeschwollene Knoten, die *Cyperoïdeae* nicht, aber diese Regel ist keinesweges ohne Ausnahme, denn an *Melica coerulea*, welche man daher *Enodium* genannt hat, fehlen die angeschwollenen Knoten. Inwendig ist aber an einigen Pflanzen die Markröhre da verschlossen, wo sich die Knoten befinden, d. h. die Zellenreihen, welche sonst im Stamme der Länge nach laufen, liegen hier in die Quere, und bilden eine besondere Mark- oder Zellenschicht. Diese Schicht bleibt länger saftig als das übrige Mark, ja sie bleibt noch stehen, indem sonst das Mark geschwunden ist und eine Hölung gemacht hat. Eine solche geschlossene Röhre bei den Knoten zeigt sich an den Pflanzen mit ganzen Scheiden, an den Pflanzen mit wahrhaft gegen einander überstehenden oder winkelförmigen Blättern; dagegen fehlt sie an allen Pflanzen, wo die Blätter wechselnd sind, und in mehr als vier Reihen am Stamme stehen. Man kann die Knoten an diesen letztern Gewächsen so ansehen, als ob sie aus einander geschoben wären. Mit diesen Bestimmungen, nämlich einer geschlossenen Markröhre, liefern die Knoten gute Kennzeichen für die natürlichen Ordnungen. Sie sind auf diese Weise in den Gräsern, *Cyperoïdeen*, den eigentlichen *Iunccinae*, sie fehlen den *Hemerocallinae* und *Convallarinae*, weil der Stamm unter der Erde sich befindet; auch die *Narcissinae*, *Aloinae* und *Dracaenaceae* haben sie nicht

aus Mangel an Ästen. Alle *Verticillatae* haben Knoten mit geschlossenen Markröhren, und solche Knoten trennen die ächten *Scrofularinae* von den *Solaneae*, indem sie jene haben, diese nicht. Wenn man hier auch nicht die gröfsern natürlichen Ordnungen danach bestimmen will, so lassen sich doch die Unterabtheilungen vortrefflich dadurch bezeichnen.

Es könnte noch die Frage seyn, ob der Unterscheidung zwischen Bäumen, Sträuchern und Kräutern eine solche Bedeutung könnte gegeben werden, dafs sie zur Unterscheidung der natürlichen Ordnungen zu gebrauchen wären. Die Alten stellten bekanntlich die Unterscheidung in Bäume, Sträucher und Kräuter oben an, und Linné war der erste der sich von diesem Vorurtheile losmachte. Jussieu hat vor den natürlichen Ordnungen noch immer angegeben, ob die dahin gehörigen Pflanzen Bäume oder Sträucher sind. Dafs der ausdauernde Stamm der Sträucher und Bäume keinen grofsen Unterschied mache, erhellt bald. So wie perennirende Pflanzen und jährige in einer Gattung zusammenkommen, so treffen auch jährige und Sträucher gar oft nahe zusammen (*Ricinus*, *Gossypium*, *Hieracium*, *Melissa etc. etc.*) und bekanntlich kann man jährige Pflanzen zu Sträuchern ausbilden. Die perennirenden Gewächse stehen etwas weiter von den übrigen ab, doch ist der Unterschied mehr klimatisch als diagnostisch. Schon Ray und Pontedera fanden den gewöhnlich angegebenen Unterschied zwischen Bäumen und Sträuchern, von der Dauer des Stammes hergenommen, unbedeutend, und suchten ihn in den Gemmen, oder den mit Deckblättern versehenen Knospen. Linné widerlegte dieses dadurch, dafs er zeigte, es gebe tropische Bäume ohne Gemmen in dieser Bedeutung z. B. *Rhus*, *Erythrina*, *Citrus* u. a., hingegen einheimische Sträucher z. B. *Lonicera*, *Berberis*, *Ligustrum* mit Gemmen. Aber nicht immer sind Linné's Angaben hierin ganz zuverlässig und die bedeckten Gemmen machen allerdings eine wesentliche Bestimmung für die natürlichen Ordnungen aus, wenn sie auch die Bäume als solche nicht bezeichnen, wovon ich aber, da diese Theile zu den Blättern gehören, in dem Folgenden umständlicher reden will.

Die Gewächse mit holzigem Stamme; die Bäume nämlich*, unter den Dikotyledonen, ferner die Sträucher mit einem dicken holzigen

Stamm, der unter gehörigen Umständen baumartig werden kann, wenn dieses auch in der Regel nicht geschieht, haben einen ausgezeichneten Charakter, daſs sie nämlich Gemmen aus dem Stamme über der Erde, nicht von einem Blatte unterstützt, treiben können. Eine solche Gemme kömmt bloſs aus dem Holze hervor; die Holzbündel trennen sich; es entsteht Parenchym zwischen denselben und bildet das Mark des künftigen Astes, indem die Rinde des Hauptstammes den Ast begleitet. Wenn die Gemmen aus dem Stamme in den Blattwinkeln entspringen, setzt sich das Mark des Stammes in das Mark des Astes fort. Eben so entspringen die Gemmen an den Wurzeln. Man kann daher die holzigen Stämme Wurzeln über der Erde, oder aufwärts wachsende Rhizome nennen. Ich glaube daſs dieses Kennzeichen am besten bezeichne, was Baum oder Strauch zu nennen sei, wenn es gleich auf die natürlichen Ordnungen keinen besondern Bezug zu haben scheint.

Die Bäume der Monokotyledonen haben nie Äste mit Blättern unterstützt, sondern, wenn sie solche haben, treiben diese geradezu aus dem Stamme hervor. Die Holzbündel des Stammes wenden sich seitwärts, theilen sich, das Parenchym wächst zwischen ihnen an, und der Ast bildet sich so aus, daſs der Stamm getheilt erscheint. Diese Art der Astbildung ist verschieden von der gewöhnlichen, aus den Winkeln des Blattes; sie ist auch verschieden von der kurz vorher angegebenen der dikotyledonen Bäume. Sie kömmt auch bei einigen Dikotyledonen *Plumeria*, *Theophrasta* und andern vor. Diese seltene Erscheinung hat Du Petit Thouars mit der gewöhnlichen Astbildung zusammen geworfen. Sie ist ausgezeichnet für die *Dracaenaceae* und die diesen sehr nahe stehenden *Pandaneae*, aber das Kennzeichen greift über zu den Palmen und *Hyphaena cucifera* hat Äste gleich dem Drachenbaume.

Verhältnifs der Blätter zu den natürlichen Ordnungen.

Die Blätter sind schon lange aus den Kennzeichen der Klassen, Ordnungen und Gattungen des künstlichen Systems ausgeschlossen gewesen. Rob. Morison sprach zuerst mit Strenge aus, dafs man vorzüglich auf dem Endzweck (*finis ultimus*) der Pflanze, folglich auf die Frucht sehen müsse, wenn man der Natur gemäfse Eintheilung machen wolle, und nur die Blüte liefs er zu, als einen Theil, welcher der Frucht stets vorangeht. Wenn er selbst und die folgenden Botaniker, dem Herkommen gemäfs, zuweilen auf die Blätter Rücksicht nahmen, indem sie die Kennzeichen der Gattungen bestimmten, so geschah dieses doch nur nebenher, und das Wörtchen *adde*, welches diesem Kennzeichen voranging, zeigte, dafs sie einen geringern Werth darauf legten. Linné, der dem Herkommen nie nachgab, schlofs sie ganz von der Bestimmung der Klassen, Ordnungen und Gattungen aus, und wollte sie allein für die Bestimmungen der Arten angewandt wissen, war doch aber nicht im Stande, Kennzeichen von der Blüte und Frucht hergenommen, aus den Charakteren der Art ganz auszuschliefsen. Ein System nach den Blättern von Sauvages war eine vorübergehende Erscheinung ohne allen Einflufs auf die Wissenschaft. Aber für die natürlichen Ordnungen liefs Linné die Blätter als Kennzeichen zu, wie die Namen *Vaginales*, *Scabridae*, *Succulentae* zeigen, seinen Grundsätzen gemäfs, da die Bestimmung derselben nach dem Eindrucke des Ganzen sollte gemacht werden, und ein hervorstehendes, wenn auch nicht scharf bestimmendes Merkmal konnte immerhin zur Benennung und Bezeichnung, wenn auch nicht zur Bestimmung der Ordnungen genommen werden. Jussieu hat später Blattformen als Kennzeichen der natürlichen Ordnungen aufgenommen; er unterläfst nicht zu sagen, ob die Blätter entgegengesetzt oder wechselnd sind, und ob sie eine Scheide haben. Auch bei den Gattungen führt er die Gestalt der Blätter und anderer Theile an, welche nicht zur Blüte und Frucht gehören, doch nur nebenher. Man sieht aber nicht ein, warum die Blätter zur Bestimmung der Gattungen nicht sollten gebraucht werden, da man sie zur Bestimmung der natürlichen Ordnungen anwendet, und wenn Jussieu und alle andere Botaniker sich von Linné's Vorschriften nicht losreifsen

können, so geschieht dieses wohl nur, weil man fürchtet, die Vermehrung der Gattungen dadurch gar zu sehr zu befördern.

Der Unterschied der Monokotyledonen und Dikotyledonen ist von der Art, dafs man ihn nicht übersehen kann, er bezeichnet zwei auffallende Bildungstufen der Gewächse überhaupt. Auch können wir dafür nicht Kennzeichen ohne alle Ausnahmen finden, dieses wäre gegen das Combinationsgesetz der Gestalten, welches in der ersten Abhandlung umständlich entwickelt ist. Wohl aber kommt es darauf an, so viele Kennzeichen als möglich für beide grofse Haufen zu finden, welche so wenige Ausnahmen leiden, als möglich, und zugleich scharf und genau zu bestimmen sind. Abgerechnet, dafs der Begriff von Monokotyledonen und Dikotyledonen sehr schwer zu fassen und noch keinesweges allgemeingeltend bestimmt ist, leidet die Eintheilung nicht wenig Ausnahmen. Der Bau des Stammes giebt ein gar zu weit übergreifendes Merkmal wie wir in der vorigen Abhandlung gesehen haben; die *Piperaceae* und *Cucurbitaceae*, entschiedene Dikotyledonen, haben den Bau des Stammes der Monokotyledonen. Richard's Unterscheidung in Endorhizen und Exorhizen ist, gehörig ausgedrückt, vortrefflich, aber schwer zu erkennen. Die Zaserwurzel giebt ein sehr übergreifendes Kennzeichen der Monokotyledonen, ist auch nicht immer leicht zu erkennen. Hier treffen wir ein Kennzeichen, welches gar wenige Ausnahmen leidet, und zugleich ungemein leicht zu finden ist. Alle Monokotyledonen haben nämlich den Stamm ganz umfassende Wurzelscheiden. Diese Scheiden bleiben lange stehen, verwelken nicht so schnell wie die zu Saamenblättern aufgewachsene Kotyledonen, und wenn sie verwelken, lassen sie deutliche Spuren zurück, erscheinen auch oft unter den Zweigen wieder, so dafs man schliefsen kann, eine Pflanze mit vollkommenen Scheiden um die Äste werde auch Wurzelscheiden haben.

Entschiedene Ausnahmen von der Seite der Monokotyledonen sind mir nicht bekannt. Undeutlich sind die Wurzelscheiden nur an den Gattungen *Asparagus* und *Ruscus;* sie umgeben hier den Stamm nicht ganz, wenigstens nicht an den Sprossen. Aber beide Gattungen haben fast scheidenartige Theile, z. B. unter den Blättern u. s. w.

Um den Embryo der Monokotyledonen ist die scheidenartige Einschliefsung am vollkommensten, auch umgiebt die Wurzelscheide den

Stamm noch ganz, aber nach oben nimmt sie gar oft ab, und die Brakteen fangen zuerst an, zurückzutreten, um den Stamm nur zum Theil zu umschliefsen, wie wir an den Orchideen wahrnehmen können. Dieses rechtfertigt die Annahme der vorigen Abhandlung, dafs die Convallarien ihren Stamm in der Erde haben, und nur einen mit Brakteen, nicht mit Blättern versehenen Ast. *Convallaria majalis* und *bifolia (Maianthemum)* haben eine etwas von der gewöhnlichen, abweichende Form, weil nur ein Schaft wie an den Hemerokallideen aus der Erde hervorsteigt. Die eigentlichen Liliaceen sind den Convallarien in dieser Rücksicht ähnlich; die Blätter umfassen ebenfalls den Stamm nicht ganz, und der Stamm ist gleichsam als ein Schaft anzusehen, welcher aus der Zwiebel hervortritt und nur Brakteen trägt. Sie machen eine natürliche Ordnung, wenn man ihnen *Alstroemeria* nach Jussieu's Vorschlag zugesellt, und *Yucca* von ihnen trennt. Diese natürlichen Ordnungen, die Convallarien und Liliaceen, ferner die Smilaceen und Asparageen ausgenommen, findet man an allen andern Monokotyledonen den Stamm ganz umgebende Blattscheiden.

Asparagus und *Ruscus* haben einen sonderbaren Bau, dort kommen die Blätter in Büscheln hervor, sind nicht scheidenartig, wohl aber mit einer besondern Scheide unterstützt und umgeben. Hier ist das einfache Blatt noch mit einer besondern kleinen Scheide unterstützt. Die sonderbare Verwachsung der Blütenstiele mit dem Blatte in *Ruscus* wird hieraus erklärlich; man kann das Blatt als einen blattartigen Blütenstiel ansehen, so wie in den Acacien der Blattstiel blattförmig geworden ist. Ganz ähnlich ist der Bau in den Arten der Gattung *Phyllanthus* und *Xylophylla*. Das sogenannte Blatt woraus die Blüten hervorkommen, ist deutlich von dem Stamme durch einen Absatz gesondert und unter demselben ragt zu äufserst der Rand etwas hervor, die Stelle bezeichnend wo das Blatt gewöhnlich zu sitzen pflegt. An den Arten dieser Gattung, welche die Blüten in den Blattwinkeln wie gewöhnlich tragen, geht der Stamm in das Blatt über, ohne einen solchen Absatz zu bilden. Es ist also der Bau der *Phyllanthi* mit blütentragenden Blättern nur darin von *Ruscus* verschieden, dafs in dieser Gattung, als zu den Monokotyledonen gehörig, die Blattscheide ausgebildet ist. Was sind aber die büschelförmigen Blätter von *Asparagus?* Nichts als blattartig gewordene

unfruchtbare Blütenstiele, oder Äste. *Asparagus albus* zeigt dieses deutlich. Die Scheide ist in einen Stachel ausgewachsen, in dessen Winkel sich entweder ein Büschel von wahren Blütenstielen, oder statt derselben ein Büschel von fadenförmigen Blättern findet. Die Stellung beider ist völlig dieselbe.

Zwischen den scheidenartigen Blättern der Monokotyledonen und den vollkommner vom Stamme gesonderten der Dikotyledonen deren Blattstiel an der Basis wenig erweitert ist, findet sich eine Mittelstufe. Die Scheide ist nämlich mit dem Stamme so verwachsen, dafs sie nur durch einen um den Stamm laufenden, hervorstehenden oder durch eine Kreislinie bezeichneten Ring sichtbar wird. Man erkennt diesen Ring auf die eine oder die andere Weise deutlich, wenn man die jüngern Zweige genau besieht, und am auffallendsten an den holzartigen Stämmen an welchen die Blätter abgefallen sind, und die vollkommnern Ringe den Stamm beim ersten Blick auszeichnen. Man kann dieses Merkmal nur verkennen, wenn an Pflanzen mit entgegengesetzten Blättern, die Erhebung unter den Blattstielen (die *console, pulvinus*) von beiden Seiten zusammentritt und auf diese Weise einen Ring um den Stamm bildet. Aber die meisten mit einem Ringe bezeichneten Stämme haben wechselnde Blätter.

Dieser Ring, als ein Merkmal, welches den Übergang von scheidenartigen Blättern zum vollkommen vom Stamm gesonderten bezeichnet, und so eine Entwicklungsstufe bestimmt, ist von einer sehr grofsen Wichtigkeit zur Unterscheidung der natürlichen Ordnungen. Ich will die einzelnen Ordnungen hier besonders anführen, zu deren Bestimmung er dienen kann.

Piperaceae oder *Piperitae*. Jussieu vereinigte sie zuerst, doch zweifelhaft, mit den *Urticeae*. De Candolle trennte sie als eine besondere Ordnung. Richard brachte sie zu den Monokotyledonen, und Kunth stellt sie daher zwischen *Characeae* und *Aroideae*. Schon Linné vereinigte sie mit den Aroideen, und Sprengel hat dieses wiederholt. Aber sie sind Dikotyledonen, wohin sie Jussieu richtig brachte. Die Blattscheiden sind nicht vom Stamme gesondert, wie an den Aroideen, sondern so durchaus verwachsen, dafs nur eine Kreislinie übrig geblieben ist. Durch diesen Ring unterscheiden sich die Pfefferkräuter beim

ersten Blick. Die unvollkommnen Blüten, meistens ohne Kelch und Blumen sitzen auf einem Spadix, in die Rinde desselben eingesenkt. Die Frucht ist einsamig, der Same hat ein grofses Eiweifs. Das Holz besteht aus zerstreuten Bündeln wie an den Monokotyledonen. Die beiden Gattungen *Piper* und *Peperomia* sind leicht und treffend unterschieden.

Ficinae. Die hieher gehörigen Bäume rechnete Jussieu zu den Urticeen und die folgenden Botaniker haben sie nicht getrennt. Die ganze natürliche Ordnung hat, so wie sie zusammengestellt ist, keine bestimmten Kennzeichen, und das äufsere Ansehen eines *Morus*, einer Nessel und eines Feigenbaums sind gar verschieden. Wir können aber durch den geringelten Stamm und die sonderbare Beschaffenheit des Fruchtträgers einen natürlichen Haufen davon trennen, welcher dann eine ausgezeichnete Ordnung bildet. Der Stamm ist in der Regel baumartig, geringelt, die Blätter wechselnd. (1) Die Gemmen haben ein oder mehrere Deckblätter, welche sie ganz einhüllen und beim Ausschlagen abfallen. Fast alle Botaniker nennen sie *stipulae*, aber sie stehen nicht zu beiden Seiten des Blattes. Die *Spathae* des Brotfruchtbaums sind ohne Zweifel solche Deckblätter. Die Blüte ist sehr unvollkommen; gewöhnlich ist nur ein kleiner Kelch vorhanden. Die Früchte machen mit dem fleischig gewordenen Fruchtboden einen Körper aus, und sind einsamig. An *Carica* sind sie beerenartig und liegen wie an *Piper* in den Blütenstiel versenkt, an *Artocarpus* wachsen oft die Fruchtknoten in eine fleischige Masse so zusammen, dafs gar oft der Samen verschwindet; an *Ficus* schlägt sich, so zu sagen, der fleischige Fruchtboden herum, und schliefst die Früchte ein. Auch haben alle diese Bäume grofse eigene Gefäfse; *Ficus* und *Artocarpus* ergiefsen einen milchartigen Saft, wenigstens aus den jungen Zweigen, und *Cecropia* ergiefst einen zwar nicht milchigen, aber an der Luft sich leicht färbenden Saft. Die drei Gattungen *Ficus, Artocarpus, Cecropia* bilden die Haupthaufen dieser natürlichen Ordnung. *Dorstenia* macht den Übergang von den *Urticeae* zu dieser Ordnung.

---

(1) Es giebt einige Arten der Gattung *Ficus* mit entgegengesetzten Blättern, welche aber noch einer genauern Untersuchung bedürfen.

Magnoliaceae. An allen die ich zu untersuchen Gelegenheit gehabt habe, fand sich jener Ring. Die Blätter womit die Gemmen bedeckt erscheinen, sind wahre Blattansätze *(stipulae)*, nicht Deckblätter, fallen aber meistens bald ab. Es ist merkwürdig, dafs die Fruchtknoten in der Blüte auf eine ähnliche Weise in eine Frucht verwachsen, wie in den vorigen die Früchte mehrerer Blüten zusammen verwachsen. Übrigens ist diese Ordnung genugsam bestimmt.

Polygoneae. Alle Pflanzen dieser Ordnung haben einen geringelten Stamm. Er ist sehr oft, an den einheimischen beständig oben und rund herum mit einer Scheide versehen, daher Linné die Ordnung *Vaginales* nannte. Willdenow gab der Scheide den Namen *Ochrea*, stellte sie aber mit der Scheide zusammen, welche die Blütenstiele der Cyperoïdeen umgiebt, aber von verschiedener Natur ist.

Umbellatae. Die Scheiden der Blätter umgeben den Stamm ganz und sind nicht so vollkommen mit ihm verwachsen, als die drei zuerst genannten Ordnungen. Es sind sehr wenige strauchartige Pflanzen in dieser Ordnung; *Selinum decipiens* hat einen geringelten Stamm.

Lorantheae. Jussieu hatte früher diese Ordnung mit den Caprifoliaceen vereinigt, schlug aber selbst die Trennung vor, welche seine Nachfolger angenommen haben. Der Bau der Verbindung zwischen Blatt und Stamm ist etwas anders, als an den vorigen. Es ist nämlich nur der Zweig von dem Hauptstamme durch einen Ring gesondert, und dieser Ring gar oft mit einer schmalen Scheidenhaut umgeben. Die Blätter sind entgegengesetzt, verwachsen zwar mit ihren Grundlagen zusammen, bilden aber nicht immer einen Ring. *Viscum* und *Loranthus* gehören hieher. Die *Rhizophorae* haben einen ähnlichen Bau und stehen allerdings den *Lorantheae* sehr nahe.

Dieses sind die Pflanzen an denen ich jene Bildung der Blätter bemerkt habe, doch ist die Zahl gewifs nicht erschöpft worden.

Wir gehen nun zu der Gestalt des Blattes weiter. Sie ist sehr mannichfaltig und immer zur Unterscheidung der Arten besonders gebraucht worden. Einige Gestalten sind indessen manchen natürlichen Ordnungen besonders eigen, wie das Grasblatt, ein scheidenartiges Blatt mit parallelen von der Basis zur Spitze laufenden Nerven, an den Gräsern und Cyperoïdeen. An einigen Gräsern mit länglichen Blättern

machen die Seitennerven einen Bogen. Aufser den genannten natürlichen Ordnungen kommen solche Grasblätter auch unter den Dikotyledonen vor, z. B. an einigen Skorzonneren, aber die Scheide ist nie so ausgebildet wie an den Gräsern und Cyperoïdeen, gewöhnlich gar nicht vorhanden. Die Scitamineen und Musaceen haben Blätter, aus deren Hauptnerven viele, sehr zarte, parallele Seitennerven hervorkommen, welche ihnen ein gestreiftes Ansehen geben. Bald sind sie gerade und gehen unter einen rechten Winkel vom Hauptnerven ab, bald gebogen und dann machen sie einen spitzen Winkel mit demselben. Die Orchideen haben einen ähnlichen Nervenbau, nur laufen bei ihnen schon häufig kleine Verbindungsnerven von den Seitennerven aus. Diese kurzen, fast unter einen rechten Winkel von den parallelen Nerven auslaufenden kleinen Nerven sind den Wasser- und Sumpfpflanzen eigen, so haben sie *Zostera marina*, die *Potamogitones*, die Orchideen aus Sümpfen *Malaxis Loeselii*, *paludosa*, *Goodyera repens*, *Philhydrum* eine Wasser-Scitaminee u. a. m. Am ausgezeichnetsten ist diese Form an *Hidrogiton fenestralis* wo das Parenchym zwischen den Nerven fehlt, und das Blatt mit den langen parallelen und kurzen Seitennerven ein Gitter vorstellt. So wie diese Nervengestalt von dem Boden abzuhangen scheint, so giebt es eine andere klimatische nur an einigen tropischen Bäumen vorkommende, wo starke parallele Seitennerven aus dem Hauptnerven hervorkommen, aber nicht an den Rand gelangen, sondern sich bogenförmig krümmen und mit einander verbinden. Unter den gar vielen will ich nur *Mangifera indica*, *Qualea americana*, *Mimusops Elengi* nennen.

Getheilte Blätter sind selten in der Klasse der Monokotyledonen und kommen nur in einigen natürlichen Ordnungen, z. B. den Palmen und Aroideen vor. Sogar sind die wirklich gezähnten und gesägten Blätter äufserst selten, nämlich solche, wo ein Seitennerve in den Zahn ausläuft. In andern Abtheilungen kommen einfache und zertheilte Blätter in einer und derselben Gattung häufig vor. Der Übergang aus dem einfachen Blatte in das getheilte ist entweder angekündigt oder nicht. So deuten die drei- und fünfnervigen Blätter einiger Laurus Arten, z. B. *Cinnamomum*, *Cassia*, *Camphora* u. s. w. auf die gelappten Blätter des *Laurus Sassafras*.

Die Nervenvertheilung und die Zertheilung der Blätter selbst geben allerdings Kennzeichen für einige natürlichen Ordnungen, aber nur vom zweiten Range oder beschränkende, weil sie gar zu vielen Übergängen ausgesetzt sind. Noch mehr gilt dieses von der Gestalt der Blätter überhaupt. Kein Theil durchläuft so viele Entwicklungstufen, als die Blätter, wenn wir auf Gestalt und Zertheilung sehen, und das ist auch der Grund, warum man sie bald aus den Kennzeichen der Gattungen und Ordnungen ausgeschlossen hat, ohne zu bedenken, daſs die Anheftung und Stellung bei der Mannichfaltigkeit der Gestalt doch sehr beständig seyn könne, das heiſst sich nicht verändere, ohne auf die ganze Blildung mehr oder weniger Einfluſs zu haben.

Wie die Blätter alle Gestalten durchlaufen können, indem alle andere Theile nur wenig sich verändern sieht man an der natürlichen Ordnung der Syngenesisten. Von den Grasblättern der Gattungen *Scorzonera* und *Tragopogon* an, schreiten die Gestaltungen fort, durch die Gattung *Conyza*, wo sie sich auf die sonderbarste Weise häufen, zu der Gattung *Mutisia* welche zusammengesetzte Wickenblätter mit Ranken zeigt. So wie sehr verschiedene Thiergestalten sich in Neuholland verknüpfen, und dadurch die wunderbarsten Geschöpfe dieses Welttheils hervorbringen, so verknüpfen sich die sonderbarsten Pflanzengestalten im innern Südamerika, und zwar auf der südlichen Halbkugel besonders.

Die Blattstiele zeigen ihrem Baue nach in den Verbindungen der Theile ähnliche Verhältnisse als wir am Stamme gefunden haben. Den einfachsten Monokotyledonen fehlen sie ganz, z. B. den Gräsern, den Hemerokallideen, den Orchideen, den meisten Scitamineen. Nach und nach schiebt sich Blattstiel zwischen Blatt und Scheide ein, und verdrängt die letztern immer mehr und mehr. Es ist zuerst nur eine Verschmälerung des Blattes und ein flügelartiger Anhang läuft neben dem Hauptnerven her, welcher den Blattstiel bildet. Endlich verschwindet der Anhang und der Blattstiel zeigt sich wie an den übrigen mehr ausgebildeten Pflanzen. In die Blattscheide gehen viele Gefäſsbündel aus dem Stamme und treten getrennt in das Blatt. Dieses ist auch noch der Fall da, wo das verschmälerte Blatt selbst den Blattstiel macht. Nicht in den Palmen, sondern in den Aroideen Pflanzen, welche den Dikotyledonen am nächsten

kommen, ist der Blattstiel am vollkommensten ausgebildet, ja er geht hier, was selbst in den Dikotyledonen selten der Fall ist, bis zur runden Gestalt über, z. B. an *Pothos digitata*. Aber die Gefäfsbündel bleiben in diesen Blattstielen beständig getrennt und bilden niemals einen halben oder einen ganzen Ring.

In den Dikotyledonen treten die Gefäfsbündel des Blattstieles oder auch des Hauptnerven, welcher die Stelle des Blattstieles vertritt, bald näher zusammen und bilden einen halben Kreis. Es ist schwer zu sagen, wo das Zusammentreten anfängt. Die Bündel liegen oft schon dicht zusammen *(Cistus)* aber sie bilden noch keinen strahlig gebauten halben Ring. Dieser strahlige Bau, ganz gleich dem strahligen Baue des Holzes im Stamme und auf eben die Weise entstanden, ist an vielen sehr deutlich zu sehen; ich will nur *Camellia japonica* anführen. In den ganz runden Blattstielen der Dikotyledonen treten die Gefäfsbündel rund umher zusammen und bilden einen strahlig gebaueten vollkommnen Holzring, nach aufsen mit Rinde umgeben, inwendig mit Mark erfüllt, wie der Stamm. Dieser runde Blattstiel mit einem Holzringe giebt ein sehr gutes Merkmal einiger natürlichen Ordnungen, er ist allen Malvaceen eigen, und bezeichnet die wahren *Terebinthaceae* z. B. *Juglans*, *Spondias* u. s. w. von welchen doch *Pistacia* auszuschliefsen ist, da sie zu den *Amentaceae* übergeht, oder ihnen schon angehört.

Die natürliche Ordnung *Sempervivae* hat unter andern Merkmalen das am meisten in die Augen fallende, die saftigen Blätter. Es entsteht die Frage, ob sich ein bestimmteres Kennzeichen der *Succulentae* angeben lasse, als die Menge des Saftes allein. Sehen wir auf den Stamm, so finden wir ein Kennzeichen, welches sogar eine Eintheilung der *Succulentae* zuläfst. Es ist nämlich in den meisten saftigen Pflanzen nur die Rinde des Stammes verdickt und saftig geworden, Holz und Mark zeichnen sich vor der gewöhnlichen Bildung nicht aus. Alle *Sempervivae*, die saftigen *Ficoïdeae*, die *Cacti* haben eine solche saftige Rinde. Dagegen haben die saftigen Syngenesisten, nämlich die Cacalien, ein verdicktes saftiges Mark, indem Rinde und Holz sich nicht auszeichnen. Die Blätter sind aber in allen diesen Pflanzen von demselben Baue. Es liegt nämlich das Gefäfsnetz in den Blättern entweder dicht an der untern, oder seltner dicht an der obern Fläche, welches man auf dem

Querschnitt des Blattes deutlich gewahr wird, denn auf den Flächen selbst erkennt man diesen Unterschied nicht so leicht. In den saftigen Pflanzen geht nun das Gefäfsnetz durch die Mitte des Blattes und ist von beiden Seiten mit einer dicken Rinde umgeben. Wenn man auch Streifen und Erhabenheiten auf ihrer Oberfläche sieht, so zeigt doch der Querschnitt, dafs die Gefäfsbündel in einer Entfernung von der Oberfläche durch das Zellgewebe gehen.

Einen nicht gar sehr verschiedenen Bau hat das *folium acerosum*, wodurch die *Coniferae* bezeichnet werden. Mit dem Hauptnerven parallel gehen äufserst zarte Gefäfsbündel durch das Blatt, mitten im Parenchym fort, so dafs auf der Oberfläche keine Nebennerven sichtbar sind, wie an den Succulenten. Aber die Gefäfsbündel laufen parallel wie an einem Grasblatte. Das Parenchym unterscheidet sich gar sehr. Es besteht aus ziemlich lang gezogenen Zellen mit vielen Lücken, ist mit grünem Farbestoff angefüllt und sehr trocken. Der Bau ist derselbe, die Blätter mögen immergrün seyn, oder jährlich abfallen. Nnr durch diesen Bau läfst sich bestimmen, was *folium acerosum* sei; die gewöhnlichen Angaben, nach welchen ein schmales, steifes, meistens immer grünes Blatt so genannt wird, lassen sich auf viele andere Blätter z. B. des Rosmarins, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* und viele andere anwenden, welche man niemals *folia acerosa* genannt hat.

Hierbei ist noch eines besondern Baues der Blätter in der Familie *Pinus* zu erwähnen, denn man kann diese Gattung wohl als eine kleine Familie betrachten. Die Gattung *Pinus Bauhini* hat büschelförmige Blätter. Diese bilden gleichsam eine Röhre, denn wenn man die zwei Blätter von *Pinus sylvestris* oder die fünf Blätter von *Pinus Strobus* zusammenhält, so passen sie mit den Rändern genau zusammen. Um einen solchen Büschel von Blättern befinden sich viele braune, vertrocknete Schuppen, deren schon Linné als einer besondern Bildung gedenkt. Man hat daher jeden Blattbüschel als den Anfang eines Zweiges angesehen und mit Recht, denn viele Arten, z. B. *Pinus Strobus*, *canariensis*, haben unter dem Blattbüschel ein einzelnes Blatt, aus dessen Blattwinkel ein Blattbüschel wie sonst ein Zweig hervorkommt. Vergleichen wir damit den Bau der Casuarinen, so finden wir, dafs die blattartige Umgebung der Äste in jenen Bäumen, wodurch die Blätter

ersetzt werden, hier in zwei, drei oder fünf besondere Blätter gespalten und der Ast zwischen ihnen zurückgeblieben ist.

Abies Bauh., wozu *Pinus Picea Linn.* besonders gehört, ist im Baue der Blätter von der vorigen Gattung gar sehr verschieden und von gewöhnlicher Blattbildung. An der Basis der Blattstiele ist keine häutige Scheide vorhanden, ungeachtet Linné es behauptet (*Praelect. in Ord. natur. p.* 589.). Viele Gemmen fallen ab, und ihre häutigen Scheiden bleiben stehen, welche Linné ohne Zweifel für Scheiden der Blätter gehalten hat. Die Zweige kommen nicht blofs in der Nähe der Spitzen hervor, sondern überall und aus den Blattwinkeln.

Picea Bauhin. (*P. Abies Linn. et affin.*) hat wiederum einen sehr eigenthümlichen Blätterbau. Nur darin, dafs die Blätter einzeln stehen und keine Scheiden unter sich haben, kommen sie mit den Blättern von *Abies* überein. Aber es fehlt ihnen eine Seite, und betrachtet man die Blätter genauer, so findet man, dafs zwei oder vier Blätter, wie sie *Pinus* hat, mit einander verwachsen sind. An *Picea vulgaris* sind zwei Blätter verwachsen, an *Picea alba* u. a. vier. Die Scheiden fehlen, doch sind die zwei- oder vierkantigen kurzen Blattstiele mit einer braunen Epidermis überzogen, welche von den festgewachsenen Scheiden herzurühren scheint.

Larix Bauh. scheint nur in Rücksicht auf die Blätter mit *Pinus* übereinzustimmen, weicht aber in der That gar sehr ab. *Larix* hat zwar büschelförmige, unten mit trockenen Scheiden umgebene Blätter, aber diese passen keinesweges zusammen, um ein Ganzes zu bilden. Auch stehen sie an den jungen Trieben einzeln, und werden erst mit der Zeit büschelförmig, dagegen die Blätter der eigentlichen *Pinus*-Arten schon an den jüngsten Trieben büschelförmig stehen. Dort ist also der Büschel ein Winkel von Blättern, wie an *Casuarina*, hier sind dagegen die Blätter nach und nach hervorgetrieben. Es lassen sich also diese vier Gattungen durch die Blätter sehr leicht und zugleich sehr bestimmt unterscheiden.

Nachtrag von Herrn Buttmann.

Nichts ist mir peinlicher anzuhören, als die Vorlesung eines Botanikers der viel von den Dikotyledonen und Monokotyledonen zu reden hat. Unsere deutschen Sprachwerkzeuge sind nun einmal nicht dazu gemacht, eine längere Reihe kleiner einfacher Silben schnell hintereinander als Ein Wort rasseln zu lassen, ohne sie entweder unter einander zu verwirren, oder wenn wir dies mit Anstrengung vermeiden und doch nicht zu langsam sprechen wollen, unserer Lunge zu schaden. Erwürbe ich mir also wol nicht Dank bei diesen Gelehrten, wenn ich sie zu berechtigen strebte, diese Benennungen zu verkürzen? Aber eine solche Berechtigung mufs gründlich angelegt werden. Die Benennung *cotyledones* für die Samenläppchen ist schlecht gewählt. Das Wort schliefst nothwendig eine Höhlung in sich. Indessen das soll keine Ursach sein den einmal vorhandenen Namen dieser Blättchen selbst zu ändern. Das einfache *Cotyledones* läfst sich auch noch recht gut aussprechen. Nur liegt in der Endung *don* nichts bezeichnendes. Es ist ein alter zu Homers Zeit schon üblicher Ansatz an das gleichbedeutende Wort κοτύλη, ein Ansatz der seine Bedeutsamkeit, vielleicht ein altes Diminutiv, längst verloren hat. Ich dächte diesen Umstand benutzten wir in jenen Zusammensetzungen. Die Kotyledonen Kotylen zu nennen rathe ich, wie gesagt, nicht an: aber die Pflanzen die nur einen Kotyledon haben Monokotylen zu nennen und die, welche zwei Dikotylen, (lateinisch mit dem Accent auf *co*, deutsch auf *ty*), das erlaubt die Analogie, und gebieten folglich die Eingangs erwähnten Rücksichten.

Versuche über die Schwingungen gespannter Saiten, besonders zur Bestimmung eines sichern Maſsſtabes für die Stimmung.

Von
Hrn. FISCHER.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 15. Juni 1822.]

Geschichtliche Einleitung.

Von allen Aufgaben, welche die Naturlehre der Analysis vorlegt, haben wenige dem Scharfsinn der gröſsten Analytiker so viele Mühe gemacht, als die Theorie von den Schwingungen gespannter Saiten.

Newton, der Schöpfer der höhern Mechanik, hat zwar in seinen Principiis die Schwingungen gespannter Saiten nicht unmittelbar untersucht; aber er trägt im zweiten Buch (Prop. 47-50) die Theorie von den Schwingungen der Luft vor, ein Problem das mit dem unsrigen in sehr genauer Verbindung steht. Auch war es Newton, der überhaupt die allgemeinen Gesetze gleichzeitiger Schwingungen, von welcher Naturkraft sie auch bewirkt sein mögen, zuerst gründlich aus einander gesetzt hat.

Der erste, welcher die Schwingungen der Saiten besonders untersuchte, war der scharfsinnige Taylor. (1) Die Hauptresultate seiner Untersuchungen waren folgende: 1) Daſs kleine Schwingungen als vollkommen gleichzeitig zu betrachten sind, für deren Dauer er zuerst eine Formel gab, von der wir weiter unten Gebrauch machen werden. 2) Er suchte ferner zu beweisen, daſs die Gestalt, welche eine Saite bei der

---

(1) M. s. dessen *Methodus incrementorum,* Lond. 1715. p. 88-93.

Schwingung annimmt, eine sehr lang gestreckte Cycloide sei, und dafs die Saite von selbst diese Gestalt annehmen müsse, wenn sie bei dem Anschlag eine andere erhalten habe.

Seine Formel für die Dauer einer Schwingung ist die nämliche, welche alle Analytiker nach ihm, obgleich auf verschiedenen Wegen, gefunden haben. Aber über die Gestalt einer schwingenden Saite ist in der Folge lebhaft gestritten worden.

Der nächste welcher nach Taylor das Problem auf einem eigenthümlichen Wege aufzulösen versuchte, war Johann Bernoulli (1). Er fand aber auf seinem Wege keine andern Ergebnisse als Taylor.

Beide waren von einer Voraussetzung ausgegangen, welche sie nicht bewiesen hatten, und welche in der That wenigstens nicht allgemeingültig war, dafs nämlich alle Punkte der schwingenden Saite zu gleicher Zeit durch die gerade Linie gehen, die man zwischen den beiden festen Endpunkten der Saite ziehen kann. Daher hielt es d'Alembert für nöthig, die Untersuchung nochmals von vorne anzufangen. Seine ersten Abhandlungen finden sich in den Schriften unserer Akademie von den Jahren 1747 und 1750; auch findet man sie in d'Alembert's *Opuscules Tom. I. p.* 198 ff. Offenbar war das Problem durch die Weglassung jener Voraussetzung viel schwieriger geworden; indessen überwand dieser scharfsinnige Analytiker alle Schwierigkeiten, und die wesentlichen Resultate seiner Untersuchung waren; 1) dafs die Schwingungen gleichzeitig, und Taylor's Formel für die Dauer derselben richtig sei, dafs aber 2) die Gestalt einer schwingenden Saite nicht an die Gestalt einer langgestreckten Cycloide gebunden sei, sondern dafs die Saite eine unendliche Menge von Krümmungen annehmen könne. Er gab für diese Krümmungen eine allgemeine Gleichung, die aber aus unendlich vielen Gliedern bestand, und durch Veränderungen der unendlich vielen beständigen Gröfsen, eine unendliche Menge unähnlicher Curven unter sich begriff.

Das auffallende dieser Ergebnisse, und die Schwierigkeit der Theorie, reizten den gröfsten Analytiker jener Zeit, Leonhard Euler, das Problem noch einmal vorzunehmen. Seine erste Abhandlung lieferte er

---

(1) M. s. *Comment. Petrop. Tom. III*, vom Jahr 1728, S. 13. Desgl. *Jo. Bernoulli Opera, Tom. III. p.* 198 ff.

in den Memoiren unserer Akademie für 1748. In der That waren die Ergebnisse seiner Rechnungen nicht wesentlich verschieden von dem, was d'Alembert gefunden hatte; aber in seinem Raisonnement über die Krümmung der Saiten ging er noch über d'Alembert hinaus; indem er behauptete, dafs eine schwingende Saite alle nur erdenkliche Krümmungen, die bei unendlich kleinen Ordinaten möglich sind, annehmen könne, und zwar nicht blofs regelmäfsige, die sich durch Gleichungen vorstellen lassen, sondern selbst die regellosesten, durch blofse Willkühr gebildeten. Diese Verschiedenheit der Ansicht veranlafste zwischen diesen beiden berühmten Männern einen Wettstreit, der von beiden Seiten nicht ohne Bitterkeit geführt wurde.

In den Abhandlungen der Berliner Akademie erschien im Jahr 1753 noch ein dritter Streiter in den Schranken, Daniel Bernoulli. Er war seinen Gegnern in der höheren Analysis wohl nicht gewachsen; aber durch das Eigenthümliche seiner Ansicht, und durch eine grofse Klarheit des Vortrages, wufste er dennoch seinen Abhandlungen Interesse zu geben. Die unendlich vielerlei Krümmungen, welche eine Saite nach d'Alembert und Euler soll annehmen können, schien ihm eine verworrne Idee. Er suchte Licht hinein zu bringen. Und ist es ihm auch nicht gelungen das Ganze aufzuklären, so mufs man dennoch einräumen, dafs er einen Theil des Gegenstandes sehr ins Klare gebracht hat. Er ging von der unstreitigen und theoretisch erweislichen Thatsache aus, dafs bei jedem Ton einer Saite, ausser dem Grundton, eine Reihe von Nebentönen, nach der Folge der harmonischen Reihe, mitklingen könne. Diese Nebentöne haben keinen andern Ursprung, als dafs mit den Schwingungen der ganzen Saite, zugleich Schwingungen mehrerer aliquoten Theile entstehen können. Und man begreift leicht, wie die gleichzeitige Entstehung mehrerer solcher Schwingungen, der Saite nothwendig in jedem Augenblick eine andere Gestalt geben müsse, als sie durch eine einzige Schwingungsart erhalten würde. Dan. Bernoulli suchte daher anschaulich zu machen, dafs wenn jede einzelne Schwingungsart für sich, nach Taylor's Theorie, eine sehr verlängerte Cycloide bildete, doch aus der gleichzeitigen Verbindung von mehreren eine unendliche Mannigfaltigkeit von krummen Linien entstehn müsse. Er bildete nun eine Gleichung für die Curven, die aus der Verbindung

mehrerer solcher Cycloiden entstehen, und diese Gleichung hatte eine auffallende Ähnlichkeit mit denen, die d'Alembert und Euler gefunden hatten. Hieraus zog Bernoulli den freilich nicht sichern Schlufs, dafs die vielen Krümmungen, welche die beiden genannten Analytiker gefunden hatten, nichts anderes sein könnten, als eine Verbindung unendlich vieler Cycloiden; eine Vorstellung die innerhalb gewisser Gränzen richtig, nur nicht erschöpfend ist.

So viele Abhandlungen auch von diesen drei Gelehrten in den Schriften der Berliner und Petersburger Akademieen gewechselt wurden, so kann man doch nicht sagen, dafs die Streiter einander dadurch näher gekommen, oder die streitigen Punkte zu einer klaren Entscheidung gebracht worden wären. D'Alembert hatte in einem spätern Zusatz zu seiner ersten Abhandlung, einen Beweis seiner Behauptung gegen Euler versprochen. Ehe dieser erschienen sei, hielt Euler eine neue Rechtfertigung für unnöthig, und da jener Beweis nicht erschien, so blieb auch die eigentliche Streitfrage unentschieden.

Die gründlichste Entscheidung über diesen feinen Gegenstand war dem gröfsten Analytiker des vorigen Jahrhunderts Lagrange vorbehalten. In seinem *Recherches sur la nature et propagation du Son* (1), mufste er nothwendig das Problem von den Schwingungen der Saiten berühren. Mit dem bewundernswürdigen Scharfsinn, der diesen grofsen Mann hervorstechend auszeichnet, umfafste er das Problem in der gröfsten Allgemeinheit, und vermied sorgfältig jede Voraussetzung, gegen welche Einwürfe gemacht werden konnten. Das Resultat seiner tiefen Untersuchung war, 1) dafs Taylor's Formel für die Dauer einer Schwingung vollkommen richtig sei, 2) dafs, in Ansehung der Gestalt einer schwingenden Saite, sich Euler's Ansicht aufser allen Zweifel setzen lasse.

Auch nach dieser entscheidenden Untersuchung hat unser Gegenstand eine Menge analytischer Arbeiten veranlafst. Von Euler und Lagrange finden sich mehrere, in den folgenden Bänden der Turiner Schriften, und von Dan. Bernoulli in den Schriften der Petersburger Akademie von 1772 bis 1784. Sie enthalten aber nur entweder etwas abgeänderte Ansichten der Theorie, oder sie erörtern besondere

---

(1) *Miscellanea Taurinensia. Tom. I.*

Fälle, z. B. die Schwingungen ungleich dicker Saiten, oder sie betreffen verwandte Gegenstände, z. B. die Schwingungen von Stäben, u. d. g. m.

Indem wir unsere Aufmerksamkeit auf eine lange Reihe von Arbeiten gerichtet haben, welche länger als ein halbes Jahrhundert den Scharfsinn der gröfsten Köpfe zu eifersüchtiger Anstrengung gereizt haben, ist die Frage sehr natürlich, was die Wissenschaft durch diese Anstrengungen gewonnen habe?

Man mufs gestehen, dafs die Naturlehre welche das Problem aufgestellt hatte, nur den geringeren Theil des Gewinnes gezogen hat. Die Frage von der Gestalt der schwingenden Saiten, die am schärfsten untersucht wurde, hatte nur ein geringes Interesse für die Akustik. Wichtiger war, dafs man den Einflufs welchen Spannung, Gewicht und Länge einer Saite auf den Ton haben, aus Taylor's Formel genau und wissenschaftlich kennen lernte. Früher kannte man nur den Einflufs, welchen die Länge, nicht nur bei Saiten, sondern auch bei gleichartigen Pfeifen auf den Ton hat; doch nur empirisch. Daher wufste man schon im Alterthum, dafs jedem musikalischen Intervall ein Zahlenverhältnifs entspricht; aber in welchem Zusammenhang dasselbe mit dem innern Wesen des Tones steht, indem es entweder die verhältnifsmäfsige Dauer der Schwingungen, oder die verhältnifsmäfsige Anzahl der Schwingungen in gleichen Zeiten anzeigt, war den Alten unbekannt, und die halbe Kenntnifs der Sache veranlafste die mystischen Deutungen, welche besonders die Pythagoräer den Zahlen beilegten. Sonderbar, dafs es im 19ten Jahrhundert Leute giebt, die in den Zahlen wieder den Grund aller Weisheit finden wollen. Doch hatte man schon im 17ten Jahrhundert von den Schwingungen der Luft, und ihren Verhältnissen, richtige Begriffe, ob man gleich zu dieser Kenntnifs nicht auf einem streng wissenschaftlichen Wege gekommen war. Durch Taylor's Scharfsinn hat also die Theorie der Töne eine feste wissenschaftliche Grundlage erhalten, obgleich seine Formel bei weitem nicht im Stande ist, alle Fragen zu beantworten, welche die Akustik gern aufgelöst sehen möchte.

Sehr grofsen Gewinn hat dagegen die Analysis von diesen Untersuchungen gehabt. Dieses akustische Problem war es, was Euler'n veranlafste die Behandlung höherer Differential-Gleichungen aus einan-

der zu setzen. Eben dieses Problem war es, wobei Lagrange den Grund zu seiner Theorie der höhern Mechanik legte, die er in der Folge in seinem unsterblichen Werke *Mécanique analytique* vollständig ausgeführt hat.

Veranlassung und Zweck der gegenwärtigen Abhandlung.

Mehrere Betrachtungen haben mich schon seit vielen Jahren veranlafst, eine grofse Menge von Versuchen über die Schwingungen gespannter Saiten anzustellen. Die gewöhnliche Angabe, dafs das ungestrichene *C* (der vierfüfsigen Octave) 256 Schwingungen in der Sekunde mache, geht aus einem Buche in das andere über, ohne bestimmte Nachweisung, worauf sich diese Bestimmung gründe. Vielleicht hat man bei der Schwierigkeit einer sehr genauen Bestimmung, die annähernde Zahl 256 blofs deswegen gewählt, weil sie eine Potenz von 2 ist, so dafs alle hörbaren Octaven von *C* durch ganze Zahlen vorgestellt werden können. Sauveur hat zwar schon im Anfang des vorigen Jahrhunderts mit Orgelpfeifen Versuche angestellt, welche aber weniger als 256 Schwingungen für diesen Ton gaben. Seine Versuche sind sinnreich, aber in der Ausführung schwierig, und können daher schwerlich entscheidende Resultate geben. Ausserdem werden in akustischen Schriften hin und wieder einzelne angestellte Versuche, mit merklich abweichenden Resultaten, angeführt, aber ohne genaue Beschreibung der Art, wie die Versuche gemacht worden. Wir werden aber in der Folge sehen, dafs vielerlei bei den Versuchen zu beobachten ist, um genaue Resultate zu erhalten. Endlich ensteht bei allen bisher angestellten Versuchen eine Unsicherheit daher, dafs man die Stimmung nie bestimmt wissen kann, auf welche sich die Versuche beziehen. Von dieser Unsicherheit sind selbst die Versuche nicht frei, welche Prony in seinen *Leçons de Mécanique analytique*, Partie II, p. 296 ff. darlegt, ob man gleich mit Sicherheit annehmen kann, dafs ein so ausgezeichneter Beobachter, alles was zur Genauigkeit der Versuche erforderlich ist, gekannt und befolgt habe.

Diese zuletzt erwähnte Unsicherheit fällt indessen nicht eigentlich den Beobachtern zur Last, sondern hängt von der Unsicherheit der

Stimmung überhaupt ab, indem bis jetzt kein sichrer Maſsſtab für dieselbe hat ausfindig gemacht werden können, ohne welchen nur Verhältnisse der Töne, nie aber die absolute Anzahl der Schwingungen eines Tones mit Sicherheit bestimmt werden kann. Ich hoffe in diesem Aufsatz darzuthun, daſs sehr genaue Beobachtungen über die Schwingungen gespannter Saiten, in dieser Rücksicht alles leisten, was verlangt werden kann.

Es wird aber zu diesem Zweck nöthig sein, zuerst den Begriff der Stimmung etwas genauer zu erörtern. Das Wort bedeutet nichts anders als eine bestimmte Höhe, in welcher unsere ganze diatonische Tonleiter ausgeführt wird. Ein Ton, der seinen bestimmten Namen und seine bestimmte Stelle in einem Notensystem hat, z. B. das ungestrichene *c*, lautet an verschiedenen Orten etwas verschieden; aber in demselben Verhältniſs, in welchem er an einem Orte höher klingt, müssen alle Töne höher genommen werden. Man sieht also, daſs die ganze Stimmung nur von der Festhaltung eines einzigen Tones abhängt. Sollen aber verschiedene Instrumente zusammen spielen, so begreift man leicht, daſs bei aller Ungleichheit derselben, dennoch in so fern etwas harmonisches in ihrem Baue sein muſs, als es die Möglichkeit einer völlig gleichen Stimmung erfodert. Durch Versuche sind die Verfertiger der Instrumente nach und nach dahin gekommen, daſs sie den verschiedenartigsten Instrumenten dennoch eine solche Gröſse (worauf es besonders ankömmt) und überhaupt eine solche Einrichtung geben, wodurch eine gleiche Stimmung allein möglich wird. Die meisten Instrumente lassen sich zwar so einrichten, daſs eine kleine Veränderung der Stimmung, aber kaum innerhalb der Gränzen eines halben Tones, möglich ist. Es giebt aber auch einige Arten, bei welchen nur eine sehr geringe, oder gar keine Veränderung der Stimmung ausführbar ist. Dahin gehören namentlich alle Instrumente, die durch Tasten gespielt werden, also besonders Orgeln, Flügel, Fortepianos u. s. w. Wird ein solches Instrument bei einer Musik gebraucht, so muſs sich die Stimmung aller übrigen mit diesem in Einklang setzen. Die Stimmung dieses Instruments aber wird gegenwärtig immer nach einer Stimmgabel regulirt; und hieraus ist klar, daſs die Stimmgabel, wonach der Flügel eines Orchesters gestimmt wird, eigentlich der Repräsentant der Stimmung

dieses ganzen Orchesters ist. Vergleicht man nun die Stimmgabeln zweier Orchester mit einander, so unterscheidet zwar ein geübtes Ohr in den meisten Fällen bestimmt genug, welches die höhere ist; aber der Bau einer Stimmgabel, ist nicht geeignet, das Verhältnifs zweier Töne in Zahlen genau anzugeben. Wo in einem Orchester kein Flügel gebraucht wird, da ist die Stimmung noch unsicherer, indem alle Instrumente gewöhnlich nur nach der Höhe irgend eines Blasinstruments gestimmt werden müssen.

Vor hundert und mehr Jahren scheint man die Stimmung lediglich dem Gutbefinden der Verfertiger musikalischer Instrumente überlassen zu haben. Die alten Orgeln haben daher sehr verschiedene Stimmungen, und bei den meisten scheint eine unzweckmäfsige Sparsamkeit die Stimmung so erhöht zu haben, dafs der Spieler, selbst bei unserer jetzigen sehr hohen Stimmung, dennoch immer um zwei bis drei halbe Töne in die Tiefe transportiren mufs. Wollte man damals eine etwas genauere Stimmung festhalten, so bediente man sich der Stimmpfeife, die aber nie etwas genaues geben kann, da ihr Ton durch blofses stärkeres Blasen sehr beträchtlich erhöhet wird. Durch die schätzbare Erfindung der Stimmgabeln hat zwar die Stimmung in ganz Europa eine viel gröfsere Bestimmtheit und Gleichförmigkeit erhalten; aber man begreift doch leicht, dafs Stimmgabeln, die an entfernten Orten und von verschiedenen Künstlern verfertigt werden, selten oder nie völlig im Einklang stehen werden. Daher kommt es, dafs man auch jetzt noch an verschiedenen Orten, ja, wie wir sehen werden, bei verschiedenen Orchestern desselben Orts, sehr merklich verschiedene Stimmungen hat, welches aus vielen Gründen zu bedauern ist, besonders auch deswegen, weil, wie schon erinnert worden, die Stimmung auf die Dimensionen aller Instrumente Einflufs hat, und hierin eine Übereinstimmung wünschenswürdig ist. Auch haben die Stimmgabeln nicht hindern können, dafs man in den neuern Zeiten fast überall die Stimmung bis zu einer ungebührlichen Höhe hinauf getrieben hat, welche die einsichtsvollsten Tonkünstler aus guten Gründen mifsbilligen: denn man läuft dadurch Gefahr, die Kunst endlich in eine blofse Künstelei zu verwandeln. Schon jetzt haben die Instrumentenmacher, die Spieler, die Sänger nichts angelegentlicheres, als die höchsten erreichbaren Töne zu erkünsteln, und

die Componisten bleiben in diesen Bestrebungen nicht zurück. So kitzelt man das Ohr des Hörers, anstatt sein Gefühl durch die Gewalt der Harmonie und Melodie zu ergreifen und zu veredeln. Dafs hiedurch der Geschmack des Publikums verfälscht wird, ist wohl nicht zu bestreiten, und der reine Sinn würde verloren gehen, wenn nicht einige würdige Priester der Tonkunst im Geiste der ältern grofsen Meister arbeiteten, und den Geschmack an den klassischen Arbeiten derselben kräftig und mit Erfolg aufrecht zu erhalten suchten. Wahrscheinlich ist diese hohe Stimmung durch die Blaseinstrumente herbeigeführt worden, die jetzt weit häufiger als ehemals gebraucht werden. Diese Instrumente werden bei erhöhter Stimmung etwas kürzer, sind vielleicht auch bequemer zu spielen, und haben allerdings in der Höhe angenehme Töne. Aber schwerlich ist diese Stimmung für die Saiteninstrumente, und noch weniger für die menschliche Stimme vortheilhaft. Zwar behaupten geschickte Violinspieler, dafs auch ihr Instrument in höherer Stimmung besser klinge. Dieses mag richtig sein, nur mufs man erwägen, dafs dieses nicht eigentlich unmittelbare Folge der höheren Stimmung, sondern des Umstandes ist, dafs alle Saiten den klarsten Ton alsdann geben, wenn sie fast bis zum Springen gespannt sind. Würden die Dimensionen unserer Violinen um eine unbedeutende Kleinigkeit vergröfsert, vielleicht auch der Bezug um eine geringe Kleinigkeit verstärkt, so würde man bei einer tieferen Stimmung, eben so schöne, vielleicht noch schönere Töne erhalten, wenn man nur die Saiten scharf genug spannen könnte. An den alten ehemals so hoch geschätzten Cremoneser Geigen, ist man gezwungen die Saiten durch Verrückung des Steges (aber nicht zum Vortheil ihres Tons) zu verkürzen, weil man sonst die Saiten nicht zu der jetzigen Höhe stimmen kann.

Vor ein Paar Jahren erhielt ich durch die Geschicklichkeit des pensionirten Cammer-Musikus Herrn Pichler's, der ein äufserst feines Gehör, und im Stimmen eine seltene Fertigkeit besitzt, eine Stimmgabel, die auf das genauste mit derjenigen im Einklang steht, nach welcher er damals den Flügel bei dem Orchester des grofsen Theaters stimmte. Dieses veranlafste den Gedanken, durch sorgfältige Vergleichung mit dem Ton einer gespannten Saite, genau zu bestimmen, wie viele Schwingungen der Ton dieser Gabel in einer Sekunde macht: denn ich hatte mich

durch eine Menge früherer Versuche überzeugt, dafs es möglich sei, die Schwingungen, welche eine Saite nach der Taylorschen Theorie macht, so genau zu bestimmen, dafs man um keine ganze Schwingung in der Sekunde fehlen könne. Später erhielt ich durch die Güte des Herrn Ritters Spontini noch drei Pariser Stimmgabeln, die eine für die Stimmung der *Grand Opéra*, die andere vom *Théâtre Feydeau*, auch *Opéra comique* genannt, die dritte vom *Théâtre italien*. Dieses veranlafste mich, eine genaue Vergleichung dieser vier Stimmungen zu dem nächsten Zwecke meiner Versuche zu machen, um so mehr, da ich durch die Akademie in den Stand gesetzt war, sie mit einer viel genauern Geräthschaft, als mir früher zu Gebote stand, zu machen.

Beschreibung eines für diese Versuche zweckmäfsig eingerichteten Monochords.

Ein gewöhnliches Monochord, auf welchem die Saite horizontal liegt, ist ganz unbrauchbar zu dergleichen Versuchen, weil es über die Spannung der tönenden Saite nie genaue Auskunft geben kann. Denn wenn man auch die Saite durch Gewicht spannt, so mufs man dasselbe über eine Rolle leiten, und an dieser entsteht, wegen beträchtlicher Gröfse des Gewichts, eine so starke Reibung, dafs man nie mit einiger Sicherheit wissen kann, ob die Saite zwischen den beiden Stegen wirklich die dem Gewicht zugehörige Spannung habe. Die Saite mufs nothwendig lothrecht und frei herabhängen, und zwar über einer sorgfältig getheilten Scale von Metall, damit man die Länge, welche die Saite bei einem bestimmten Ton hat, so genau als möglich messen könne.

Ich habe daher dem Monochord folgende auf der zu dieser Abhandlung gehörige Tafel abgebildete Einrichtung gegeben. Fig. 1. stellt das Instrument von vorne, Fig. 2. von der Seite vor.

In beiden Figuren ist *AB* ein dreieckiges auf Stellschrauben stehendes Fufsbrett, welches ungefähr 2 Zoll dick ist, und dessen Seiten etwa 21 Zoll lang sind. In der Mitte desselben erhebt sich eine viereckige inwendig hohle Säule von Holz *CD*. Ihre Höhe ist 6 Fufs; die vordere Breite $2\frac{1}{2}$ Zoll, und jede der beiden Seitenwände ist 4 Zoll breit. Oben bei *D* hat sie einen Deckel, der abgenommen werden, und durch den der innere Raum rein erhalten werden kann. Dicht unter dem

Deckel ist an der vordern Seite eine Klemmzange (zwischen *E* und *F* Fig. 1. und *G* Fig. 2.) befestigt. Sie besteht aus zwei hinlänglich starken, und 2 Zoll langen Stäbchen von Messing, welche durch eine (bei *F* Fig. 1, und bei *G* Fig. 2. sichtbare) Schraube scharf zusammengeprefst werden können. Man sieht leicht, dafs diese Klemmzange zur Befestigung der Saite bestimmt ist. Unten wird die Saite durch ein angehängtes Gewicht *HI* gespannt. In einer kleinen Entfernung von der vordern Seite der Säule, und parallel mit derselben, ist ein starker dreieckiger (1) Stab von Messing, blofs an seinen äufsersten Enden *m* und *n* an der Säule befestigt. Jede Seite dieses Stabes ist sehr sorgfältig eben gehobelt, und jede Seite hat eine Breite von ungefähr 1 Zoll. Der Stab kehrt der Säule eine scharfe Kante, also dem Beobachter eine Seitenfläche zu. Auf dieser befindet sich die Scale, welche blofs Theilstriche für ganze Zolle, aber diese sehr sorgfältig abgemessen, enthält. Oben bei *m* ist dieser Scalen-Stab mit einer dünnen Platte von Elfenbein bedeckt, deren vorderer Rand ungefähr 0, 4 Zoll über die Ebene der Scale hervorragt. Die vordere Seite dieser Platte ist ein wenig abgeschrägt, so dafs die obere Fläche mit derselben einen Winkel kleiner als 90° bildet. Diese Kante ist der obere feste Steg auf welchem die Saite dicht aufliegen mufs, weswegen das obere Ende der Saite ein wenig rückwärts in der Klemmzange zu befestigen ist. Dieser Steg, oder die obere Fläche der elfenbeinernen Platte ist der Nullpunkt der Scale. Bei *K* zeigt sich in beiden Figuren der zweite bewegliche Steg, der wie der obere, mit einer dünnen Platte von Elfenbein bedeckt, und überhaupt dem obern Stege ganz gleich ist, nur dafs er an der ganzen Scale auf und ab geschoben, und in jeder Stelle durch eine Schraube an der Seite befestigt werden kann. Um nun kleine Theile des Zolles mit Sicherheit messen zu können, ist oben auf diesem Stege eine kleine schmale Platte von Messing in der Gestalt eines Nonius befestigt, die man in Fig. 1 neben *l*, in Fig. 2 unter *l* erblickt. Sie liegt unmittelbar auf der Ebene der Scale, ist ganz genau einen Zoll lang, und dieser

(1) Dreieckig wurde der Stab auf den Rath des Künstlers gemacht, weil diese Gestalt Bequemlichkeiten bei der genauen Ausarbeitung gewährt. Für den Gebrauch ist die Gestalt gleichgültig.

Zoll ist unmittelbar in hundert Theile getheilt. Das bloſse Auge unterscheidet diese Theile noch sehr gut, und durch eine Loupe betrachtet, erscheinen sie groſs genug um selbst Tausendtel mit vieler Sicherheit zu schätzen. Man sieht leicht, wie dieser einzige getheilte Zoll, in Verbindung mit den Zollen des Stabes, dient, die Entfernung beider Stege in ganzen Zollen und Hunderteln genau, und selbst in Tausendteln noch ziemlich sicher zu schätzen. Ich habe diese einfache Einrichtung der unmittelbaren Eintheilung aller Zolle in kleinere Theile in Verbindung mit einem wirklichen Nonius vorgezogen, weil ich auf diese Art viel sicherer war, daſs die Theilung mit groſser Genauigkeit ausgeführt werden konnte. Auch werden dadurch die Kosten eines solchen Monochords bedeutend vermindert.

Das Gewicht *HI* ist rund, und besteht aus sechs einzelnen Stücken, deren jedes genau 5 Mark, oder 80 Preuſsische Lothe wiegt. Sie sind so eingerichtet, daſs man sie an einander schrauben, und so Spannungen von 5, 10, 15, 20, 25, 30 Mark hervorbringen kann. Auf der hintern Seite der Säule ist noch bei *O* (Fig. 2.) ein besonderes Behältniſs angebracht, in welchem man die Gewichte auſser dem Gebrauch verwahren kann. Auch kann man eine oder mehrere abgewogene und gehörig vorbereitete Saiten in der innern Hölung der Säule aufheben, indem man sie an einem Häckchen an der untern Fläche des Deckels (*D*) aufhängt, und durch ein kleines angehängtes Gewicht spannt.

Das beschriebene Instrument ist durch den geschickten Künstler Herrn Lomba, Inspector des hiesiegen Aichamtes, sehr sorgfältig und zu meiner völligen Zufriedenheit ausgeführt worden.

Beschreibung der Versuche zur Bestimmung der Anzahl von (einfachen) Schwingungen, welche der Ton einer Stimmgabel in einer Sekunde macht.

Wir werden sehen, daſs es vermittelst der beschriebenen Geräthschaft allezeit möglich ist, die Anzahl der Schwingungen einer Gabel so genau zu bestimmen, daſs man nicht um eine ganze Schwingung in der Sekunde fehlt. Indessen ist der Versuch, wenn diese Genauigkeit gefordert wird, immer etwas umständlich. Aber man muſs erwägen, daſs die Nothwendigkeit eines so genauen Versuchs nur selten ein-

tritt, nämlich nur dann, wenn etwa die bei einem musikalischen Institut übliche Stimmung aufs genaueste festgesetzt, oder eine etwas veränderte Stimmung eingeführt werden soll. Für das gewöhnliche Bedürfnifs leistet die Stimmgabel alles, was gefordert werden mag.

Wir wollen zuerst der Taylorschen Formel eine etwas veränderte, für unsern Zweck bequemere Gestalt geben.

Es sei L die Länge, G das Gewicht, P die Spannung einer Saite, g die Fallhöhe eines Körpers in der ersten Sekunde, und n die Anzahl der einfachen (1) Schwingungen in einer Sekunde, so ist nach Taylor's Theorie, und in der jetzt gewöhnlichsten Bezeichnungsart,

$$n = \sqrt{\frac{2gP}{LG}}$$

Aus dieser Formel ergiebt sich, wie der Versuch im Allgemeinen anzustellen ist. Der zu bestimmende Ton sei das ungestrichene a ( ), so hat man zuerst eine Saite von angemessener Stärke zu wählen. Für diesen Ton pflegt man auf Clavieren No. 5. von Messing oder Eisen zu wählen. Ich habe mich des ersten bedient. Diese Saite mufs am Monochord aufgehängt, durch das bestimmte Gewicht P gespannt, und durch Versuche die Länge L bestimmt werden, bei welcher sie genau den Ton a giebt. Wir werden sehen, dafs diese Bestimmung eigene Schwierigkeiten hat, indem ein einzelner noch so sorgfältiger Versuch nie etwas genaues geben kann; aber wir werden auch zeigen, dafs man durch oftmalige Wiederholung des Versuches jeden erforderlichen Grund von Genauigkeit erreichen könne. Dann ist nur noch das Gewicht G des tönenden Theiles der Saite zu bestimmen. Zu dem Ende mufs nun ein etwas langes Stück der Saite, dessen Länge (bei der Spannung P genau abgemessen) λ heifsen soll, gewogen werden. Das Gewicht dieses Stückes heifse γ, so findet sich G durch die Proportion $\lambda : L = \gamma : G$. Setzt man den Werth von G, den diese Proportion giebt, in die Formel, so erhält man

$$n = \frac{1}{L}\sqrt{\frac{2g\lambda P}{\gamma}}$$

(1) Eine einfache Schwingung ist ein einzelner Hin- oder Hergang. Einen Hin- und Hergang zusammen, den Viele eine Schwingung nennen, nenne ich eine Doppelschwingung.

Die zur Berechnung von n erforderlichen Data sind also g, λ, γ, P, L, deren Bestimmung wir einzeln durchgehen müssen.

1) g ist eine beständige und anderweitig bekannte Gröfse, die in Zollen ausgedrückt sein mufs, wenn L in Zollen gegeben wird. Für die hiesige Gegend setzen wir $g = 187,5$ Pr. Zoll.

2) Die genaue Bestimmung von λ und γ ist ein Theil des Versuches, der eine besondere Sorgfalt fodert. Denn es ist offenbar nicht genug, dafs man geradezu ein Stück der Saite abmesse und wiege, denn bei dem Versuche mufs die Saite durch das Gewicht P gespannt sein, und da ein starkes Gewicht die Saite ausdehnt, so mufs die Saite während der Abmessung von λ schon durch das Gewicht P gespannt sein. Folgendes Verfahren giebt hinlängliche Genauigkeit.

Man nehme einen starken hölzernen Stab (von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll ins Gevierte), und lasse eine Seite desselben aufs möglichste eben und gerade abhobeln. Die Länge λ ist wenigstens 50 Zoll anzunehmen. (1) Der Stab mufs einige Zolle länger sein. Man fafse nach der Scale des Monochords mn aufs genaueste, vermittelst eines guten Stangenzirkels, die für λ angenommene Länge, und trage sie auf den Stab, so dafs die eine Gränze dieser Länge von den einem Ende des Stabes etwa 1 Zoll entfernt sei. An diesem Ende des Stabes befestige man die Saite, so fest als möglich, etwa durch eine starke Schraubenzwinge, die man auf dem überstehenden Zoll anlegt, nur so, dafs der hier befindliche Gränzpunkt der 50 Zoll unbedeckt bleibt. Man thut wohl, an dieses Ende der Saite noch eine Öhse zu drehen, und diese aufserhalb der Zwinge an einen Stift anzuhängen, damit hier die Saite auf das möglichste befestigt sei. Nachdem man nun die Saite längs dem Stabe mit der Hand ausgespannt hat, schneidet man zuerst ein Stück ab, das noch 8 bis 10 Zoll länger ist als der Stab. An dieses Ende der Saite dreht man eine tüchtige Öhse, welche bestimmt ist, das span-

(1) Im Folgenden ist das Gewicht von 50 Zollen in Rechnung gebracht worden, ob ich gleich in der That 75 Zoll gemessen und gewogen habe. Diese Gröfsere Länge wurde gewählt, damit die gewogene Saite länger wäre, als die Scale meines Monochords. Mifst man nur 50 Zoll, so reicht die Saite, am Monochord befestigt, nicht bis unter die Scale. Dann mufs man ein Stück Saite unten anknüpfen, was indessen für das Wesentliche der Versuche keinen Nachtheil bringt.

nende Gewicht P zu tragen. Dann stellt man den Stab lothrecht auf die äufserste Kante eines festen Tisches, so dafs das befestigte Ende der Saite oben ist. Hängt man nun das Gewicht P an, so wird die Saite von oben frei herabhängen, und die gehörige Spannung annehmen, wenn man nur den Stab um eine Kleinigkeit aus der lothrechten Lage bringt. Jetzt bringt man den Stab vorsichtig in die lothrechte Lage zurück, so dafs die Saite mitten am Stabe herabhängt, und von oben bis unten eine einzige gerade Linie bildet. Dann schneidet man mit einem scharfen Messer die Saite ab, genau auf dem untersten Gränzpunkt der abgemessenen Länge, so wird man sie nur eben so auch oben dicht unter der Zwinge auf dem obern Gränzpunkt der abgemessenen Länge abschneiden können. Die so abgeschnittene Saite hat dann sehr genau, bei der Spannung P, die angenommene Länge. In den folgenden Rechnungen ist aber immer $\lambda = 50$ angenommen.

3) Diese Saite ist nun aufs genaueste zu wiegen. Ich bediene mich dazu einer sehr guten und empfindlichen Wage, und eines Normalgewichts, welches von dem Director des hiesigen Aichamtes, Herrn Oberbergrath Schaffrinsky, sorgfältig abgeglichen ist. Das Preufsische Loth ist in diesem Gewicht zehntheilig, bis zu Zehntausendeln abgetheilt. Nach einem Mittel aus vier verschiedenen Abwägungen, die um keine 0, 0002 von einander abwichen fand sich

$$\gamma = 0,0889 \text{ Preufs. Loth.}$$

4) Bei Bestimmung des spannenden Gewichts P ist zu bemerken, dafs eine Saite den schönsten Ton giebt, wenn sie fast bis zum Zerreifsen gespannt ist. Nun bedarf eine Messingsaite No. 5 zum Zerreifsen ungefähr 36 Mark. Daher ist 30 Mark eine schickliche Gröfse für P. Es mufs aber dieses Gewicht in derselben Einheit als γ ausgedrückt seyn; also setzen wir

$$P = 480 \text{ Pr. Loth.}$$

5) Wie der Werth von L vermittelst des beschriebenen Monochords zu bestimmen sei, bedarf einer umständlichen Erörterung.

Nachdem λ und γ nach No. 2 und 3. genau bestimmt worden, bringt man das eine Ende eben dieses abgemessenen Stückes an das Monochord, und befestigt es in der Klemmzange (G Fig. 2.), ein wenig rückwärts, so dafs die Saite von da bis zum obern Steg (m) einen klei-

nen Winkel mit einer lothrechten Linie macht. Von da hängt aber die Saite frei herab, und wird durch das angehängte Gewicht *P* (*HI* Fig. 1 und 2.) gespannt.

Hierauf mufs die Scale des Monochords lothrecht gestellt werden, wobei die Saite selbst die Stelle eines Bleilothes vertreten kann. Am leichtesten wird die Stellung, wenn man auf der obern Fläche beider Stege zwei correspondirende Punkte bemerkt, an welchen die gespannte Saite anliegen mufs, wenn das Instrument richtig steht. Der bewegliche Steg wird dann so tief als möglich heruntergerückt, und die Stellung des Instruments durch die Stellschrauben des Fufsbrettes bewerkstelligt.

Rückt man nun den beweglichen Steg etwa bis auf ungefähr 24 Zolle wieder in die Höhe, so wird die Saite einen reinen Ton angeben, wenn man blofs den zwischen beiden Stegen enthaltenen Theil in schwingende Bewegung setzt. Zu diesem Ende mufs man die Saite, die an den untern Steg blofs hinläuft, ohne ihn zu drücken, dicht unter diesem Steg, nicht andrücken, sondern blofs sanft berühren. Schnellt man dann die Saite nur schwach etwa mit einem Federkiel, so giebt sie einen klaren und bestimmten Ton, den man durch Verrückung des beweglichen Steges, beliebig verändern kann.

Die Stimmgabeln geben gewöhnlich das einmal gestrichene $\bar{a}$ ( ) an, und es hat keine Schwierigkeit den beweglichen Steg so weit hinauf zu rücken, dafs die Saite diesen Ton angiebt, wozu eine Länge von 11 bis 12 Zoll erfoderlich ist. Ich habe mich aber durch viele Versuche überzeugt, dafs es leichter und sicherer ist, die tiefere Octave (das ungestrichene *a*) mit der Stimmgabel in Einklang zu bringen, als das eingestrichene $\bar{a}$ selbst. Aus diesem Grunde habe ich vorgezogen, die Anzahl der Schwingungen zu bestimmen, welche das ungestrichene *a*, in einer Secunde, nach den oben angegebenen vier Stimmgabeln macht.

Rückt man den beweglichen Steg auf 24 Zoll oder etwas höher, so giebt die Saite einen tieferen Ton als *a*. Rückt man nun den Steg immer höher, und setzt zugleich die Stimmgabel in Schwingung, so kommt die Saite dem Tone der Gabel immer näher. Sind beide Töne einander nahe genug so hört man das, was die Tonkünstler das Schweben des Tones nennen, d. h. ein abwechselnd schärfer- und stumpfer

werden des Tones. Diese Schwebungen sind ganz gleichzeitig, und werden desto langsamer je näher die Töne einander kommen, bis endlich alle Schwebung verschwindet, und beide Töne, für das Ohr im Einklang sind. Es läfst sich aber zeigen, dafs alsdann noch nicht nothwendig der absolute Einklang da ist. Um dieses deutlich zu machen, ist es nothwendig, die Entstehung und das Wesen der Schwebungen genau zu erklären.

Gesetzt, es sind zwei Töne schon so nahe beisammen, dafs während der höhere (unter der gemachten Voraussetzung, die Gabel), 100 Schwingungen macht, der tiefere (die Saite) deren nur 99 macht; so ist klar dafs die Schwingungen beider, nur immer bei der 100ten Schwingung des höheren Tones zusammentreffen werden. So lange nun die Schwingungen genau, oder sehr nahe zusammentreffen, hört man den Ton schärfer; wo sie aber nicht zusammentreffen, ist der Ton stumpfer. Dieses ist der Ursprung der Schwebungen, und man sieht leicht, dafs dieselben nicht anders als gleichzeitig sein können, weil die einzelnen Schwingungen jedes Tones gleichzeitig sind. Nun nehme man an, dafs der tiefere Ton (der Saite), dem höheren noch näher gebracht wird, und zwar so nahe, dafs während der höhere 1000 Schwingungen macht, der tiefere nur 999 macht, so treffen die Schläge der Töne nur bei der 1000ten des höheren Tones zusammen; d. h. jede Schwebung wird zehnmal so lang dauern als vorher. Es ist daher klar, dafs bei Annäherung der Töne die Schwebungen immer langsamer werden müssen; auch ist klar, dafs die Dauer einer einzigen Schwebung bei sehr starker Annäherung der Töne so lang werden kann, als man will. Der vollkommene Einklang würde erst da sein, wenn wirklich gar keine Schwebung mehr statt fände. Man sieht aber leicht ein, dafs das Ohr diesen Punkt nie mit absoluter Sicherheit beurtheilen kann. Hat man indessen zwei Töne, die beide sehr lange tönen, so kann man sie allerdings sehr genau zum Einklang bringen. So hört man z. B. den Ton einer guten Stimmgabel 25 bis 30 Sekunden lang. Uebersteigt also eine Schwebung diese Dauer nicht, so wird ein geübtes Ohr noch immer die Abweichung vom Einklang wahrnehmen. Nur erst, wenn die Schwebungen viel länger als 30 Sekunden dauern, wird das Ohr keine Abweichung mehr wahrnehmen; aber dann stehen auch die Töne, für

jedes menschliche Ohr in völligem Einklang. Zwei Stimmgabeln können daher sehr genau in den Einklang gestimmt werden. Anders verhält es sich aber in unserm Fall. Der Ton der Saite am Monochord dauert kaum 3 bis 4 Sekunden deutlich hörbar. Sobald also die Dauer der Schwebungen beträchtlich gröfser wird als 4 Sekunden, so wird man keine Schwebung mehr hören, wobei jedoch die Töne noch merklich vom Einklang entfernt sein können. Denn wenn auch der Wechsel einer Schwebung gerade in die 4 Sekunden fiele, wo die Saite tönt, so ist das Bemerken eines einzigen Wechsels schwierig und unsicher. Denn überhaupt ist der Unterschied zwischen dem schärfern und stumpfern Theil einer Schwebung nur gering, und ein ungeübtes Ohr hört die Schwebungen oft gar nicht, so deutlich sie auch ein geübtes unterscheidet. Auch wird die Beurtheilung des Einklanges durch äufsere Zufälligkeiten unsicher. Man müfste eigentlich die Versuche in der Stille der Nacht machen, denn das Geräusch des Tages wirkt sehr störend. Noch ist zu bemerken, dafs man die Schwebungen besser wahrnimmt, wenn sie nicht sehr stark tönen. Denn der Unterschied des schärfern und stumpfern Tönens, ist so gering, dafs er bei starken, besonders sehr ungleichartigen Tönen nur mit Mühe wahrgenommen wird. Um genauere Versuche zu machen, mufs man daher Übung haben. Wiederholt man nun einen Versuch öfter, so bekommt man fast bei jedem Versuch einen etwas andern Werth von L, und bei der grofsen Menge von Versuchen die ich gemacht habe, hat es sich gezeigt, dafs selbst bei ziemlich günstigen Umständen, und bei vielmaliger Wiederholung des Versuches, der Unterschied der gröfsten und kleinsten Werthe von L, wohl auf 0, 030 Zoll, unter minder günstigen, auf 0, 050 Zoll steigen könne, so dafs, wenn l das Resultat eines einzelnen Versuches ist, man denselben nur innerhalb der Gränzen $l \pm 0,015$, oder unter ungünstigen Umständen innerhalb der Gränzen $l \pm 0,025$ für sicher halten kann. Hieraus ist aber klar, dafs ein einzelner Versuch nie den Werth von L bis zu Tausendeln des Zolles genau geben könne.

Aus der vorgetragenen Theorie der Schwebungen ist nämlich leicht einzusehen, dafs jeder einzelne Versuch eben so leicht in + als in — fehlen könne. Denn die letzte kaum merkliche kleine Verschiebung des Steges, wodurch man scheinbar den Einklang erhält, kann

eben so wohl den Steg über als unter den Punkt des absoluten Einklanges bringen. Man wird also den Versuch oft wiederholen müssen, welches, wenn einmal dies Geräthschaft in Ordnung ist, keine Schwierigkeit hat. Nimmt man dann aus vielen Versuchen das Mittel, so ist klar, dafs sich dasselbe dem wahren Werth von L so sehr nähern könne als man will. Wie stark diese Annäherung sei, läfst sich aber jederzeit aus dem Anblick der gefundenen Resultate beurtheilen. Gesetzt, man hätte den Versuch zehnmal wiederholt, so vergleiche man den gröfsten und kleinsten der gefundenen Werthe von L. Gesetzt, sie wären von 0, 017 verschieden, so hat man den Versuch noch nicht oft genug gemacht, um sich in dem Mittel auf die Tausendel verlassen zu können. Für diesen Zweck wird der Versuch mindestens noch sieben mal zu wiederholen sein. Hätte man dagegen zwanzig mal den Versuch gemacht, und den Unterschied des gröfsten und kleinsten Werthes auch 0, 017 gefunden, so müfste ein 21ster Versuch den man machte, um mehr als ± 21 Tausendel von dem Mittel der Versuche abweichen, wenn dadurch in dem gefundenen Mittel ein Unterschied von mehr als ± 0, 001 entstehen sollte. Ein Versuch aber, der nur ± 0, 021 vom Mittel aller Versuche abwiche, müfste nach den oben bestimmten Gränzen einen unter günstigen Umständen vermeidlichen Fehler enthalten, und müfste also gänzlich von der Rechnung ausgeschlossen werden.

Macht man also nun eine hinreichende Anzahl von Versuchen, so ist es allerdings möglich, den Werth von L so genau zu finden, dafs man sicher sein kann um kein volles Tausendel eines Zolles zu fehlen.

Ergebnifs der Versuche über die oben angegebenen vier Stimmgabeln.

Zur Berechnung der Anzahl der Schwingungen (n) in einer Sekunde, nach der Formel

$$n = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{2g\lambda P}{\gamma}}$$

haben wir also zuerst gemeinschaftlich für alle Stimmgabeln, die Werthe von g, λ, P, γ; nämlich

$$2g = 375; \; \lambda = 50; \; P = 480; \; \gamma = 0,0889.$$

Was unter dem Wurzelzeichen steht, bleibt also für alle Versuche unverändert, und läfst sich vorläufig logarithmisch berechnen. Man findet

$$\text{Log.}\ \sqrt{\frac{2g\lambda P}{\gamma}} = \text{Log.}\ \sqrt{\frac{375.\ 50.\ 480}{0,0889}} = 4,0053407.$$

daher

$$\text{Log.}\ n = 4,0053407 - \text{Log.}\ L.$$

Es war also für jede Stimmgabel nur noch der Werth von L auf die angegebene Art zu bestimmen.

1) Für die Stimmgabel des Berliner Theaters wurde der Versuch dreifsigmal wiederholt. Die erste Hälfte gab im Mittel $L = 23,007$; die andere $L = 23,009$; also alle Versuche im Mittel

$$L = 23,008 \text{ Pr. Zolle.}$$

Die stärksten Abweichungen von diesem Mittel waren $+ 0,014$ und $- 0,007$; also waren das gröfste und kleinste Resultat um $0,021$ verschieden, und es ist klar, dafs man durch noch so vielmalige Wiederholung des Versuches kein anderes Mittel hätte finden können, wofern alle folgenden Versuche innerhalb der oben angegebenen zulässigen Gränzen blieben. Man ist daher berechtigt, selbst die Tausendel für richtig zu halten.

Berechnet man nun den Werth von n, nach der obigen Formel, so findet man

$$n = 437,32 \text{ Schwingungen in } 1''.$$

2) Für die Stimmgabel der *Grand Opéra* in Paris, fand sich in einem Mittel aus dreifsig Versuchen

$$L = 23,307$$

Die äufsersten Abweichungen vom Mittel waren $+ 0,025$ und $- 0,012$ Ihre absolute Summe ist $0,036$. Es ist also die Möglichkeit da, dafs dieser Werth von L um $0,001$ fehle.

Für die Anzahl der Schwingungen in $1''$ findet man

$$n = 431,34$$

3) Für die Stimmgabel des *Théâtre Feydeau* war das Mittel aus zwanzig Versuchen

$$L = 23,530.$$

Die stärksten Abweichungen vom Mittel waren $+ 0,022$ und $- 0,026$.

Also der Unterschied des gröfsten und kleinsten Resultats 0, 048. Durch öftere Wiederholung könnte sich also der Werth von L noch um 0, 002 ändern.

Der Werth von n der sich hieraus ergiebt, ist

$$n = 427,61$$

4) Endlich für die Stimmgabel des *Théâtre italien*, fand ich in einem Mittel aus zwanzig Versuchen

$$L = 23,712$$

Die stärksten Abweichungen hievon waren + 0, 014 und − 0, 032. Ihre absolute Summe ist 0, 046. Der Fehler von L kann also wohl auf 0, 002 steigen. Und hieraus ergiebt sich

$$n = 424,17$$

Es ist noch übrig zu untersuchen:

Wie weit man sich auf die gefundenen Werthe von n verlassen könne.

Diese Untersuchung hat keine Schwierigkeit, wenn man die möglichen Fehler aller einzelnen Gröfsen als Differentiale behandelt.

Wenn man in der Formel

$$n = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{2 g \lambda P}{\gamma}}$$

alle Gröfsen (g nicht ausgenommen) veränderlich setzt, so ergiebt sich

$$dn = n \left(- \frac{dL}{L} + \frac{dg}{2g} + \frac{d\lambda}{2\lambda} + \frac{dP}{2P} - \frac{d\gamma}{2\gamma}\right)$$

Da aber die Fehler eben sowohl positiv als negativ sein können, und bei Beurtheilung der Unsicherheit der ungünstigste Fall zum Grunde zu legen ist, so müssen wir allen Gliedern in der Klammer das Vorzeichen + geben, weil es möglich ist, dafs die Fehler von L und γ denen der übrigen Gröfsen entgegengesetzt sein könnten. Da nun nach dieser Aenderung der Vorzeichen unsere Formel nicht mehr den eigentlichen Sinn einer Differential-Formel behält, so wollen wir die möglichen Fehler jeder Gröfse nicht durch ein d, sondern durch ein vorgesetztes f andeuten. Wir haben also

$$fn = n \left(\frac{fL}{L} + \frac{fg}{2g} + \frac{fP}{2P} + \frac{f\lambda}{2\lambda} + \frac{f\gamma}{2\gamma}\right)$$

Setzen wir nun für jeden Zähler in der Klammer, den gröſst möglichen Fehler jeder Gröſse, oder vielmehr etwas was gröſser ist, als jeder unvermeidliche Fehler, (was nach dem bisher Vorgetragenen keine Schwierigkeit hat), für jeden Nenner aber entweder die Gröſse selbst, oder auch etwas kleineres als diese; multipliciren wir am Ende die Summe der 5 Quotienten mit einer Zahl die gröſser ist, als jeder gefundene Werth von n, so ist klar, daſs wir für den Fehler fn eine Gröſse erlangen, innerhalb deren jeder gefundene Werth von n nothwendig bleibt.

Wir müssen in dieser Rücksicht die Gröſsen L, g, P, λ, γ einzeln durchgehen.

1) Wir haben gezeigt, daſs jeder für L gefundene Werth höchstens um etwas mehr als 0, 002 unsicher sei. Wir wollen aber, zu mehrerer Sicherheit, $fL < 0,005$, und für L eine Zahl setzen die kleiner ist als jeder gefundene Werth von L, nämlich $L = 23$, so ist

$$\frac{fL}{L} < 0,000\,22$$

2) Die Gröſse g ist bekanntlich von der Länge des Secunden-Pendels abhängig, welchen man für hiesige Gegend 38 Zoll annimmt. Diese Bestimmung ist zwar nicht so genau als man wünschen möchte; indessen würde sich durch Vergleichung von genauen anderwärts gemachten Beobachtungen zeigen lassen, daſs sie schwerlich um 0, 01 Zoll von der Wahrheit abweiche. Berechnet man aber hieraus den Werth von g, so wird der Fehler beinahe fünf mal so groſs. Wir wollen daher $fg < 0,05$ und $2g = 375$ setzen. Dann ist

$$\frac{fg}{2g} < 0,000\,13$$

3) Den Fehler von P könnte man, bei der Sorgfalt womit die Gewichte abgeglichen sind, $= 0$ setzen. Wir wollen indessen zum Überfluſs annehmen, daſs P um 0, 1 Loth fehlerhaft sein könne. Da nun $P = 480$, so ist

$$\frac{fP}{2P} < 0,000\,10$$

4) Die Quellen eines Fehlers in der Abmessung von λ lassen sich auf zwei zurückbringen.

Zuerst kann ein kleiner Fehler vorfallen indem man die Länge λ von der Scale des Monochords auf den hölzernen Stab trägt. Braucht man einen hinlänglich langen Stangenzirkel, und wendet alle erforderliche Sorgfalt an, so glaube ich nicht, dafs man um 0, 02 Zoll fehlen könne.

Durch die Art des Abschneidens kann nur ein sehr unbedeutender Fehler entstehen. Hängt die gespannte Saite am Stabe herab, so sieht man deutlich den untern Gränzpunkt der abgemessenen Länge, und kann die Saite scharf auf diesem Punkte abschneiden. Indem aber durch diesen Schnitt die Spannung der Saite plötzlich aufhört, kann man eine kleine Verschiebung der Saite am obern Gränzpunkt besorgen. Hat man aber die Saite hier tüchtig befestigt, und besonders eine starke Zwinge dicht über dem obern Gränzpunkt angelegt, so ist nicht leicht ein bemerklicher Fehler aus dieser Ursache zu besorgen. Dehnt man die Saite während sie noch oben befestigt ist, mit der Hand längs dem Mafsstab, so findet sich, dafs 50 Zoll um nicht mehr als etwas über 0, 1 Zoll durch Nachlassung der Spannung verkürzt sind. Man berechnet daraus leicht, dafs dieses auf die kurze Länge der Saite, die über dem obern Gränzpunkt frei ist, durchaus nichts bemerkliches betragen könne, selbst dann nicht, wenn sie sich vermöge des Stofses den die Saite durch die plötzliche Aufhebung der Spannung erhält, ein klein wenig unter der Zwingschraube zurückziehen sollte. Wir wollen indessen um mehrerer Sicherheit willen $f\lambda < 0,025$ setzen, so wird

$$\frac{f\lambda}{2\lambda} = \frac{0,025}{100} = 0,000\,25$$

5) Was endlich γ betrifft, so habe ich zwar die Abwägung so sorgfältig gemacht, dafs ich in der That nicht leicht einen Fehler von der Gröfse 0, 000 1 Loth besorge. Da indessen ein Fehler dieser Gröfse auf den Fehler von n mehr Einflufs hat, als alle übrigen Fehler, so setze ich $f\gamma < 0,000\,3$, und $d\,a$ $2\gamma = 0,1778$ so wollen wir über dieses noch $2\gamma = 0,17$ setzen, dann ist

$$\frac{f\gamma}{2\gamma} < \frac{0,0003}{0,17} = \frac{0,03}{17} = 0,001\,77$$

Addirt man die gefundenen Werthe der fünf Quotienten, so ist

$$\frac{fL}{L} + \frac{fg}{2g} + \frac{fP}{2P} + \frac{f\lambda}{2\lambda} + \frac{f\gamma}{2\gamma} < 0,002\,47$$

Multiplicirt man dieses mit 440, welches mehr ist als jeder Werth von n, so ergiebt sich

$$fn < 1,0868$$

Hieraus ergiebt sich aber, daſs nicht leicht einer der vier gefundenen Werthe von n, um eine ganze Schwingung von dem abweichen könne, was die Taylorsche Formel geben würde, wenn man alle zur Rechnung nöthigen Data in absoluter Genauigkeit haben könnte. Wir würden übrigens für die beiden ersten Stimmgabeln die Unsicherheit beträchtlich kleiner gefunden haben, wenn wir jede besonders hätten berechnen wollen. Und was insonderheit die Berliner Stimmung betrifft, so wird sich in der Folge durch einen Gegenversuch zeigen, daſs selbst die Zehntel der Zahl 437,32 als richtig zu betrachten sind.

Verhältniſs der vier untersuchten Stimmungen.

Jedes Tonverhältniſs kann allezeit auf zwei Arten verglichen werden: entweder nach der Dauer der Schwingungen, oder nach der Anzahl der Schwingungen in gleichen Zeiten. Man sieht aber leicht ein, daſs eines das umgekehrte des andern ist; nur mit dem Unterschiede, daſs wenn man die Dauer der Schwingungen vergleicht, der tiefere Ton die gröſsere Zahl, vergleicht man aber die Anzahl der Schwingungen, der tiefere Ton die kleinere Zahl erhalten muſs.

Man kann also auch zwei Stimmungen in diesem doppelten Sinn vergleichen. Will man die Dauer der Schwingungen vergleichen, so dienen dazu die gefundenen Werthe von L; da die Dauer der Schwingungen, alles übrige gleich gesetzt, sich wie die Längen der Saiten verhalten. Will man aber die Anzahl der gleichzeitigen Schwingungen vergleichen, so hat man dieses Verhältniſs unmittelbar in dem Werthe von n. Im ersten Fall ist es zweckmäſsig die Werthe von L in allen Bruchziffern beizubehalten, weil, wie wir gesehen haben, selbst die Tausendel noch ziemlich sicher sind. Wählt man die zweite Vergleichungsart, so ist es hinreichend bloſs die Ganzen beizubehalten. Das Resultat unserer Untersuchungen in Betracht der vier Stimmgabeln, ist also folgendes

Stimmgabeln.	Werthe von L, proportionell der Dauer der Schwingungen.	Werthe von n, proportionell der Anzahl der Schwingungen.
1) Vom Theater in Berlin . . .	23,008	437
2) Von der *Grand Opéra* in Paris .	23,307	431
3) Vom *Théâtre Feydeau* . . .	23,530	408
4) Vom *Théâtre italien*	23,712	424

Die erste Vergleichungsart hat den Vortheil, dafs sie gar keine Rechnung, sondern blofse Messung erfodert, die man durch Vervielfältigung der Versuche sehr genau finden kann. Aber sie hat die Unbequemlichkeit, dafs sie von den dabei gebrauchten Maafsen und Gewichten abhängig ist, also da, wo diese verschieden sind, auch verschiedene Zahlen für denselben Ton gefunden werden. Von dieser Unbequemlichkeit ist die zweite Bestimmungsart frei, und verdient daher ohne Zweifel den Vorzug; auch ist die dazu nöthige Rechnung unbedeutend.

Noch einige Bemerkungen über die Taylor'sche Formel.

So gewifs alle Verhältnisse welche in der Taylor'schen Formel liegen, nach Theorie und Erfahrung, ihre unbestreitbare Richtigkeit haben, so kann man doch die Frage aufwerfen, ob sie die absolute Anzahl der Schwingungen richtig angebe. Man darf einen solchen Zweifel um so mehr aufstellen, da die nahe verwandte und nicht minder streng erweisliche Formel für die Geschwindigkeit des Schalles, zwar auch die in ihr liegenden Verhältnisse richtig, die absolute Gröfse der Geschwindigkeit aber, auffallend zu klein giebt. Ursachen, dafs etwas ähnliches bei Taylor's Formel statt finden könnte, würden entweder in der materiellen Beschaffenheit der Saiten, oder in der Beschaffenheit der umgebenden Luft zu suchen sein.

Diese Betrachtung war es eigentlich, welche mich zuerst zu Versuchen mit gespannten Saiten veranlafste. Ich schlofs so: sollte in der materiellen Beschaffenheit der Saiten ein Grund liegen, warum die Formel die absolute Anzahl der Schwingungen nicht richtig angebe, so

würde folgen, dafs man ungleiche Resultate finden müfste, wenn man einen und denselben Ton (etwa *a*), durch Saiten von verschiedener Materie bestimmte. Ich habe daher eine Menge Versuche mit messingenen, eisernen und Darm-Saiten angestellt, welche mich aber überzeugt haben, dafs die materielle Beschaffenheit der Saiten gar keinen Einflufs auf den Werth von n hat. Da die frühern Versuche mit einer minder genauen Geräthschaft gemacht wurden, so wird es hinreichend sein, hier einen einzigen Versuch, der mit der oben beschriebenen Geräthschaft gemacht ist, zu erwähnen. Ich habe nämlich mit einer Stahlsaite No. 5., das ungestrichne *a* der Berliner Stimmung auf's sorgfältigste zu bestimmen gesucht. Ich fand folgende Data zur Rechnung

$L = 23,216$ in einem Mittel aus vierzig Versuchen.

$P = 480;\ \lambda = 50;\ \gamma = 0,0873$

Hieraus ergiebt sich

$$n = 437,35$$

welches nur um drei Hundertel einer Schwingung gröfser ist, als was wir oben bei Anwendung einer Saite von Messing gefunden hatten, weswegen man berechtigt ist, selbst die Zehntel für richtig zu halten.

Man darf daher mit Sicherheit behaupten, dafs in der materiellen Beschaffenheit der Saiten kein Grund liege, welcher den absoluten Werth der Schwingungen nach Taylor's Formel unrichtig machte.

Sollte aber in der Luft ein Grund liegen, der den Werth der Schwingungen änderte, so würde folgen, dafs wenn man die Anzahl der Schwingungen eines fest bestimmten Tones, nach einer von Taylor's Theorie unabhängigen Methode bestimmte, man einen andern Werth für n erhalten würde.

In der That giebt es noch zwei Methoden, durch welche man den Werth von n, ganz unabhängig von der Theorie der Saiten bestimmen kann.

Die erste ist diejenige deren sich Sauveur schon im Anfang des vorigen Jahrhunderts, und ehe Taylor's Werk erschienen war, bediente. Ich habe nirgends als in den Memoiren der Pariser Academie von 1700 S. 131. f. eine Beschreibung seines Verfahrens auffinden kön-

nen, die zwar nicht umständlich ist, aber doch hinreicht, die dem Versuche zu Grunde liegende Idee bestimmt aufzufassen. Er liefs zwei gleiche Orgelpfeifen, die nur in der Länge ein klein wenig verschieden waren, (vermuthlich aus einem gedeckten Flöten-Register) zugleich tönen. Da sich bei dergleichen Pfeifen die Dauer der Schwingungen wie die Länge der Pfeifen verhält, so waren die Töne beider Pfeifen einander sehr nahe, und es mufsten die oben beschriebenen Schwebungen entstehen. Kannte man nun das Verhältnifs der Länge, und war dieses z. B. wie 100 : 101, so wufste man, dafs die tiefere Pfeife während jeder Schwebung 100, die höhere 101 Schwingungen machte. Zählte man nun einige Minuten lang die Schwebungen, so war es leicht zu berechnen, wie viele Schwingungen jeder der beiden Töne in einer Secunde machte.

Dieses Verfahren ist in der That eben so sinnreich als einfach; aber hat in der Auflösung nicht geringe Schwierigkeiten, weswegen auch der Versuch mifslang, als Sauveur denselben in Gegenwart einer Commission der Academie wiederholen wollte. Die Hauptschwierigkeit liegt darin, dafs es schwerlich ausführbar sein dürfte, das Verhältnifs der Längen zweier Pfeifen so genau zu vergleichen, dafs man nicht nur für Tausendel, sondern selbst für Zehntausendel der Länge einstehen könnte. Sauveur's Zweck war schon damals, durch diesen Versuch einen Mafsstab für die Stimmung zu finden, wozu aber die Töne der Pfeifen schwerlich bestimmt genug sind. Auch läfst sich keine sichre Vergleichung seiner Versuche mit den unsrigen anstellen. Prony sagt in der oben angegebenen Stelle seiner *Leçons de Mechanique,* Sauveur habe gefunden, dafs das grofse *C* in einer Sekunde 122 Schwingungen mache. Ist dieses richtig, so würde das ungestrichne *a,* nach den Verhältnissen der gleichschwebenden Temperatur 410 Schwingungen in der Sekunde gemacht haben, wofür wir 437 gefunden haben. Es verhält sich aber 410 : 437 beinahe wie 1 : 1, 064, welches in der gleichschwebenden Temperatur etwas mehr als ein halber Ton ist. Soviel, und vielleicht noch mehr, konnte allerdings vor mehr als 120 Jahren die Stimmung tiefer sein als jetzt. So lange es indessen nicht entscheidend dargethan ist, dafs dergleichen Versuche mit Pfeifen unter allen Umständen dasselbe Resultat geben als gespannte Saiten, so läfst sich auch auf

diese Vergleichung kein sicheres Urtheil gründen. Sauveur's Versuche sollen in Petersburg wiederholt worden sein, aber ich habe nirgends eine bestimmte Nachricht davon auffinden können.

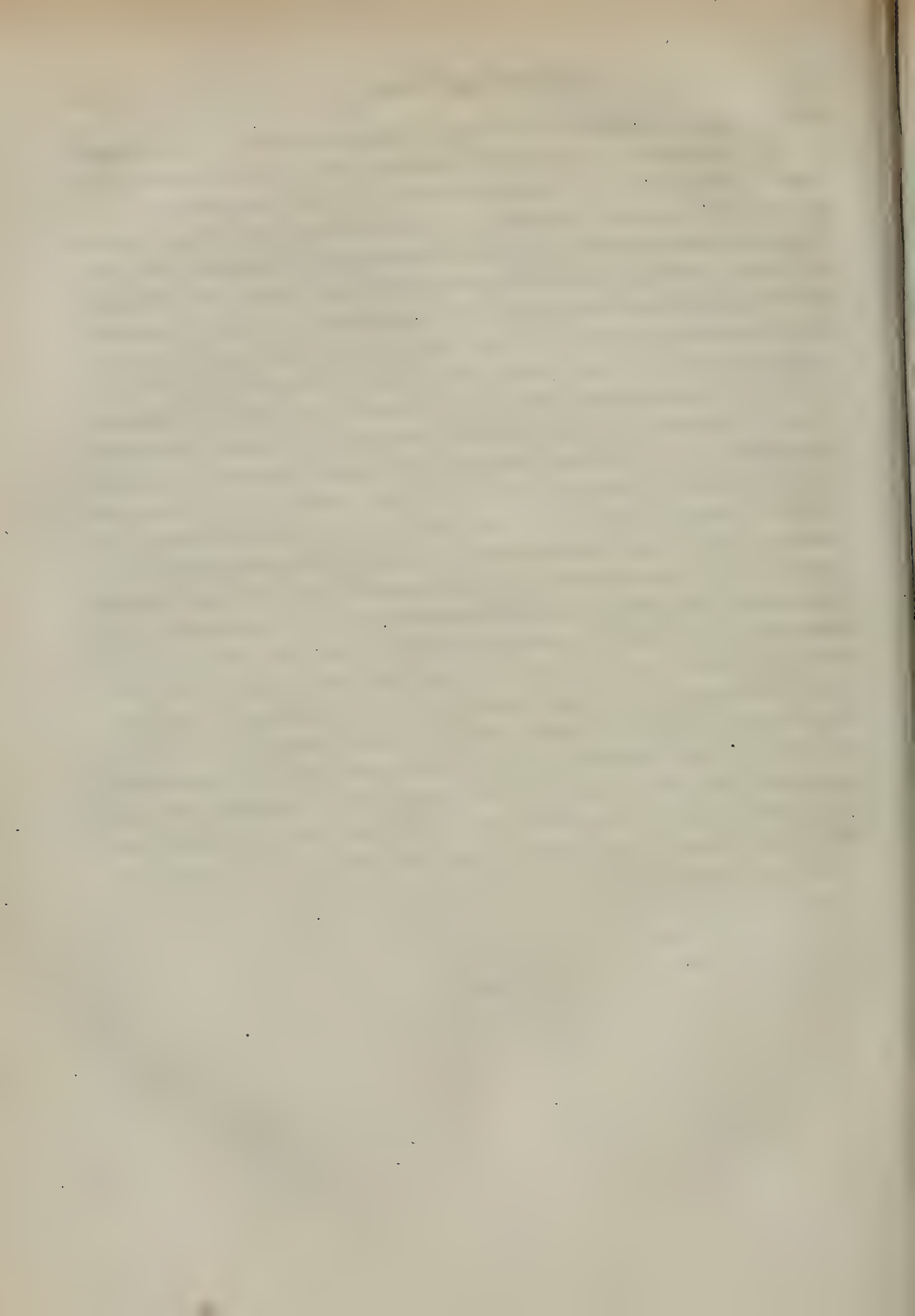
Die zweite Methode hat unser erfindungsreiche Chladni in seiner Akustik vorgeschlagen. Sie beruhet auf den Schwingungen elastischer Stäbe, die an dem einen Ende befestigt sind. Nach Theorie und Erfahrung verhält sich bei demselben (überall gleich dicken) Stab, die Dauer der Schwingungen, gerade, also die Anzahl der Schwingungen in gleicher Zeit, umgekehrt, wie die Quadratzahlen der Länge. Ein metallner Stab der gegen 40 Zoll lang, $\frac{1}{2}$ Zoll breit, und $\frac{1}{10}$ Zoll dick ist, schwingt, wenn sein eines Ende in einen Schraubenstock eingeklemmt wird, langsam genug, um seine Schwingungen zählen zu können. Verkürzt man aber das freie Ende bis auf ein Paar Zolle, so kann man durch Streichen mit einem Violinbogen einen deutlichen Ton hervorbringen, und durch Verlängerung und Verkürzung kann man es dahin bringen, dafs der Stab einen bestimmten Ton giebt. Man sieht leicht, wie dann aus der Länge des tönenden Theils, die Anzahl der Schwingungen die er in einer Sekunde macht, durch Rechnung gefunden werden könne.

Dieses Verfahren ist einfach und sinnreich, und kann von aller Theorie unabhängig gemacht werden, weil das gedachte Gesetz der Schwingungen sich in der That durch blofse Versuche mit etwas langen Stäben aufser Zweifel setzen läfst. Allein bei der Ausführung zeigt sich eine vielleicht gar nicht zu beseitigende und von dem Erfinder selbst bemerkte Schwierigkeit. Es ist nämlich nicht möglich, die Länge des schwingenden Theils eines solchen Stabes genau zu bestimmen. Denn wie fest man auch den Stab einklemmen mag, so kann man nicht verhindern, dafs ein kleines Stück des eingeklemmten Theiles mitschwinge, da die Schwingungen dicht vor der Einklemmung unendlich klein sind, aber doch durch den Schwung der entfernten Theile mit grofser Kraft erregt werden. Diese Schwierigkeit findet statt, so wohl wenn man einen langen, als einen kurzen Theil des Stabes schwinget. Zu erkennen giebt sie sich dadurch, dafs wenn man einen kürzern Theil schwingen läfst, der Ton den man durch den Violinbogen hervorbringt, beträchtlich an Höhe, bei ungeänderter Länge des freien

Stücks, zunimmt, wenn man die Schraube erst mäfsig, dann immer schärfer und schärfer anzieht. Je schärfer man nämlich die Schraube anzieht, desto kürzer wird der eingeklemmte Theil, der an den Schwingungen Theil nimmt. Dürfte man annehmen, dafs die eingeklemmten mitschwingenden Theile sich wie die freien Theile verhielten, so würden sich die Fehler bei der Rechnung aufheben. Aber ich zweifle ob sich diese Annahme rechtfertigen läfst, und liefse sie sich, so setzte der Versuch voraus, dafs so wohl der lange als der kurze Theil des Stabes gleich stark eingeklemmt wären, was unsicher zu erhalten ist.

Ich erinnere mich nicht, in Chladni's Schriften ein Resultat solcher Versuche gefunden zu haben. Ich selbst habe den Versuch öfters wiederholt, aber immer äufserst abweichende Resultate gefunden. Ich bediente mich damals einer Stimmgabel, welche *c* nach einer beträchtlich tiefern Stimmung als der jetzigen angab. Das gröfste Resultat was ich durch einen Versuch erhielt, war 294, das kleinste 264 Schwingungen für das ungestrichene *c*, in der Secunde. Als ich aber den Ton dieser Gabel, auf die oben beschriebene Art, durch Vergleichung mit einer gespannten Saite sorgfältig bestimmte, fand ich für das ungestrichne *c*, nach Taylor's Formel, nur 246 Schwingungen.

Ich wage nicht zu entscheiden, ob so grofse Abweichungen blofs den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zuzuschreiben sind, oder ob sie daher rühren, dafs die absolute Anzahl der Schwingungen wirklich gröfser ist, als sie Taylor's Formel giebt. Aber unstreitig verdienen die Versuche, sowohl mit Pfeifen als Stäben, auf das sorgfältigste wiederholt zu werden, wozu ich selbst die erforderliche Mufse nur wünschen, nicht hoffen darf.



Grundzüge der Theorie der Sechsundsechskantner und Dreiunddreikantner, entwickelt aus den Dimensionszeichen für ihre Flächen.

Von
Hrn. WEISS.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 13. Februar 1823.]

§. 1.

Die Folgerungen, sowohl für die Theorie des Zusammenhanges der Flächen eines sechsgliedrigen oder eines dreiunddreigliedrigen Krystallsystems, als auch für die Berechnung der an ihnen vorkommenden Winkel und für die Auffindung ihrer geometrischen Eigenschaften, auf welche der Gebrauch jenes allgemeinen Dimensionszeichens führt, welches ich in einer früheren Abhandlung (1) der Königl. Akademie vorgelegt habe, sind von mir dort, wo es nur darauf ankam, es aufzustellen und mit dem nöthigsten zu erläutern, nur mit wenigem angedeutet worden; ich mache mir es jetzt zum Gegenstande, zu zeigen, wie einfach und kurz die Theorie der Körper, welche den genannten Systemen angehören, aus dem a. a. O. S. 321. aufgestellten allgemeinen Zeichen der Flächen hervorgeht. Es war dieses: (2)

$$\boxed{\begin{array}{c} \gamma . c \\ a : \frac{1}{n} a : \frac{1}{n-1} a \\ \frac{2}{n+1} s : \frac{2}{2n-1} s : \frac{2}{n-2} s \end{array}}$$

(1) S. den Band dieser Schriften für die Jahre 1816 und 17 S. 321 u. fgg.

(2) Die Theile des Zeichens in ein Rechteck einzuschliefsen, anstatt in ein Dreieck, wie a. a. O. geschehen war, zeigt sich in der Ausführung bequemer, und ist daher diese Form an die Stelle der früheren analog den Zeichen der anderen Krystallsysteme hier gesetzt worden.

Hiebei bedeutet c die Längendimension mit einem variablen Coefficienten γ, ferner a die drei unter sich gleichartigen, einander unter 60° schneidenden, gemeinschaftlich auf der Dimension c rechtwinklichen Queerdimensionen, eine in der Einheit, die angrenzende mit dem variablen Coefficienten $\frac{1}{n}$ genommen, durch welchen die Coefficienten der folgenden vier Gröfsen bestimmt sind; s bedeutet die zwischen je zwei a liegenden kleineren Queerdimensionen, in der Folge, wie sie im Raume zwischen je zwei a oder jenseit des letztgeschriebenen liegen; die s verhalten sich zu den a wie der kleinste Halbmesser des regulären Sechsecks zum gröfsten, also wie $\sqrt{3}$ zu 2; das Verhältnifs $a:c$ oder $s:c$ charakterisirt individuell die einzelnen Systeme, wie Quarz, Kalkspath u. s. f.

Die Fig. 1. stellt nun die Lage einer einzelnen Fläche gegen die sämmtlichen erwähnten Dimensionen des Systems dar; Ca, Cb, Cd sind die drei gröfseren Queerdimensionen a; Ce, Cf, Cg die entgegengesetzten Richtungen in denselben; Cs, Ct, Cu sind die kleineren Queerdimensionen s; Cc die Längendimension c. Die gewählte Fläche sei ach, und ihre Durchschnitte mit Cs, Cb, Ct, Cd, Cu seien die Punkte i, n, o, m, h; so ist $Cn = \frac{1}{n}a$, $Cm = \frac{1}{n-1}a$, $Ci = \frac{2}{n+1}s$, $Co = \frac{2}{2n-1}s$, und $Ch = \frac{2}{n-2}s$. Wir nehmen hier $\gamma = 1$, wenn wir die Fläche durch den Endpunkt c der Längendimension Cc gelegt denken.

Die geschriebene Fläche gehört einem Sechsundsechskantner (Fig. 2.) an, oder auch seinem rhomboëdrischen Hälftflächner (Fig. 3.), dem Dreiunddreikantner, wenn sämmtliche sieben angegebene Werthe in der Längendimension und in den Queerdimensionen endlich sind; alle drei a sowohl als alle drei s haben dann einen verschiedenen Werth. Sechsundsechskantner aber sind, wie ich hier nicht wiederholen zu dürfen glaube, die Körper, welche von dem Maximum der Anzahl unter sich gleichartiger Flächen, wie viele es solcher im sechsgliedrigen Systeme geben kann (24), alle in gleicher Ausdehnung genommen, begrenzt werden. Dreiunddreikantner aber, als von der Hälfte der Flächen des Sechsundsechskantners begrenzt, (während die andre Hälfte aus der Begrenzung des Körpers verdrängt ist), sind eben so die das Maximum gleichartiger Flächen enthaltenden Körper im rhomboëdrischen Systeme.

Um nicht für eine und dieselbe Fläche eine verschiedene Form des Zeichens zuzulassen, wodurch ihre Identität sich in dem einen oder

andern Falle hinter einer doppelten oder mehrfachen Form verstecken könnte, und zugleich um in so gröfserer Bestimmtheit der Ausdrücke uns bedienen zu können, nehmen wir immer das gröfseste a, dafern es endlich ist im Vergleich gegen die andern, in der Einheit, d. i. wir nehmen immer $n > 2$, (mit Einschlufs des Grenzfalles $n = 2$); woraus dann folgt, dafs das $\frac{a}{n}$ das kleinste, $\frac{a}{n-1}$ das mittlere a der Gröfse nach ist; $\frac{2s}{2n-1}$ wird dann jederzeit das kleinste s, $\frac{2s}{n+1}$ das mittlere, $\frac{2s}{n-2}$ das gröfseste s. Das kleinste s steht senkrecht auf dem gröfsten a, umgekehrt das gröfste s senkrecht auf dem kleinsten a, das mittlere s senkrecht auf dem mittleren a. Auf dem ersten, in der Einheit genommenen a nemlich ist senkrecht das $\frac{2}{2n-1}s$, auf $\frac{a}{n}$ ist senkrecht das $\frac{2}{n-2}s$, auf $\frac{a}{n-1}$ senkrecht das $\frac{2}{n+1}s$. Von jedem a rückt man zu dem nächstangrenzenden s, und von diesem zum nächstfolgenden a u. s. w. immer um ein Azimuth von 30^0; welches alles die Fig. 1. zu erläutern dienen kann.

Sofern nun die gegebene Fläche einen Sechsundsechskantner symmetrisch begrenzt, wird jede einzelne zur Begrenzungsfläche des Körpers innerhalb des Raumes, wo sie dem Mittelpunkt näher liegt als jede andere der ihr gleichartigen, d. h. innerhalb des Raumes zwischen den Endpunkten von γc, ihrem kleinsten a und ihrem kleinsten s, mithin zwischen den Gliedern unsers Zeichens $\frac{a}{n}$, $\frac{2s}{2n-1}$ und γc; unsre in Fig. 1. gezeichnete Fläche cah also zwischen den Punkten n, o und c. Diese Punkte selbst und die von dem einen derselben nach dem andern gezogenen Linien hat sie mit einer andern ihr gleichartigen gemein; und so werden diese Linien zu den Kanten des Körpers; die von $\frac{a}{n}$ und von $\frac{2s}{2n-1}$ nach γc gehenden die zweierlei Endkanten desselben, in Fig. 2. die Linien nc und oc; die Linie von $\frac{a}{n}$ nach $\frac{2s}{2n-1}$ aber, d.i. nc in Fig. 1. die Lateralkante, d.i. die Kante der gemeinschaftlichen Grundfläche der doppelt zwölfseitigen (sechsundsechskantigen) Pyramide.

§. 2.

Die gegen a gekehrte Endkante des Körpers (cn, Fig. 2.) hat also den Ausdruck

$$cn = \sqrt{\frac{a^2}{n^2} + \gamma^2 c^2} = \frac{\sqrt{a^2 + n^2 \gamma^2 c^2}}{n}$$

Die gegen s gekehrte Endkante dagegen (co, Fig. 2.) den Ausdruck

$$co = \sqrt{\frac{4s^2}{(2n-1)^2} + \gamma^2 c^2} = \frac{\sqrt{4s^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2}}{2n-1}$$

wobei zu bemerken, daſs für $4s^2$ überall substituirt werden kann $3a^2$, weil $s = a\sqrt{\frac{3}{4}}$.

Die Lateralkante des Körpers (no, Fig. 2.) findet sich leicht auf folgende Weise:

$$ao \text{ (Fig. 1.)} = \sqrt{(Ca)^2 + (Co)^2} = \sqrt{a^2 + \frac{4s^2}{(2n-1)^2}} = \frac{\sqrt{(2n-1)^2 a^2 + 3a^2}}{2n-1}$$

$$= \frac{a\sqrt{(2n-1)^2 + 3}}{2n-1} = \frac{a\sqrt{4n^2 - 4n + 4}}{2n-1} = \frac{2a\sqrt{n^2 - n + 1}}{2n-1}$$

Aber wenn in Fig. 4. Cq die Verlängerung von Ct (Fig. 1.) bis zum Durchschnitt mit der verlängerten ab, also $bq = ab$, und $Cq = 2 . Ct = 2s$ ist, mithin $Co : Cq = \frac{2s}{2n-1} : 2s = 1 : 2n - 1$, so verhält sich nach dem in dem Bande dieser Schriften für d. J. 1818 u. 19. S. 277 u. f. entwickelten Lehrsatze $no : ao = bq \,.\, Co : ab \,.\, Cq + bq \,.\, Co = 1 \,.\, 1 : 1 \,.\, (2n - 1) + 1 \,.\, 1 = 1 : 2n$; folglich ist die Lateralkante, d. i. no

$$no = \frac{1}{2n}\, ao = \frac{a\sqrt{n^2 - n + 1}}{n(2n-1)}$$

§. 3.

Was die Neigungen der beiderlei Endkanten gegen die Axe γc betrifft, so ist für sich klar, daſs für die Neigung der gegen a gekehrten Endkante cn gegen die Axe ist

$$\sin : \cos = \frac{a}{n} : \gamma c = a : n\gamma c,$$

so wie für die Neigung der gegen s gekehrten Endkante co

$$\sin : \cos = \frac{2s}{2n-1} : \gamma c = a\sqrt{3} : (2n - 1)\gamma c$$

§. 4.

Betrachtet man das sechsundsechswinklige Zwölfeck (Fig. 5.) der gemeinschaftlichen Grundfläche der beiden Pyramiden des Sechsundsechskanters (Fig. 2.) oder den Querschnitt auf seiner Axe cc' (Fig. 2.), so ist klar, daſs das Verhältniſs der zweierlei Radien des Zwölfecks (Fig. 5.) Cn und Co das nemliche ist, als das der Linien Cn und Co in Fig. 1. Also verhält sich (Fig. 5.)

$Cn : Co = \frac{a}{n} : \frac{2s}{2n-1} = 2n - 1 : n\sqrt{3} = 1 : \frac{n\sqrt{3}}{2n-1}$

Und da $Cr = Cn \times \frac{\sqrt{3}}{2}$, so ist $Cr : Co = 2n - 1 : 2n$,

folglich $Co : Cr : ro = 2n : 2n - 1 : 1$, oder $ro = \frac{1}{2n}. Co$.

Betrachtet man ferner die zweierlei Winkel des Zwölfecks, non' und ono', so verhält sich für die Hälfte noC des einen non', also des an einem s anliegenden

$\sin : \cos = Ca$ (Fig. 1.) $: Co = a : \frac{2s}{2n-1} = 2n - 1 : \sqrt{3}$

und für die Hälfte onC des an einem a anliegenden ono',

$\sin : \cos = Ch$ (Fig. 1.) $: Cn = \frac{2s}{n-2} : \frac{a}{n} = n\sqrt{3} : n - 2$

Nie können in den Krystallen diese beiden Winkel oder mit andern Worten die beiderlei Radien des Zwölfecks, $\frac{a}{n}$ und $\frac{2s}{2n-1}$, d. i. $\frac{a}{n}$ und $2\frac{a\sqrt{3}}{n-1}$ einander gleich werden, da n immer einen rationellen Werth behält. Angenommen, sie würden gleich, so würde $\frac{a}{n} = \frac{a\sqrt{3}}{2n-1}$, also $2n - 1 = n\sqrt{3}$, folglich $n(2 - \sqrt{3}) = 1$, oder $n = \frac{1}{2-\sqrt{3}}$

Dagegen kann nicht allein der stumpfere Winkel von beiden bald der an a, bald der an s anliegende sein, sondern es können auch die nemlichen Winkel in umgekehrter Lage gegen a und s sich für das Zwölfeck wiederholen. Die allgemeine Formel für diese Umkehrung findet sich leicht so: Es seien die Werthe n und m diejenigen, wobei die Umkehrung der Winkel in Beziehung auf ihre Lage gegen a und s Statt findet; so hat man

$2n - 1 : \sqrt{3} = m\sqrt{3} : m - 2$, also

$3m = 2nm - m - 4n + 2$, mithin

$4m - 2 = (2m - 4)n$, oder

$2m - 1 = (m - 2)n$; also

$n = \frac{2m-1}{m-2}$, und umgekehrt $m = \frac{2n-1}{n-2}$ (1)

Dies findet, wie man sieht, seine Anwendung auch auf die Seitenflächen der sechsundsechskantigen Säulen, die gleichfalls mit densel-

---

(1) Dieselbe Gleichung erhält man, wenn man davon ausgeht, dafs bei den zwei Werthen n und m (für n) das Verhältnifs der zweierlei Radien des Zwölfecks, Cn und Co sich umkehrt; also

$2n - 1 : n\sqrt{3} = m\sqrt{3} : 2m - 1$; folglich

$3nm = 4nm - 2m - 2n + 1$, oder

$nm - 2m = 2n - 1$, d. i.

$m(n - 2) = 2n - 1$, u. s. f.

ben Winkeln in umgekehrter Lage gegen a und s möglich sind, unter der Bedingung des eben entwickelten Verhältnisses zwischen n und m. Ueberhaupt ist klar, wie die Winkel des Zwölfecks oder des Queerschnittes von dem Werthe von γc gänzlich unabhängig sind, und daher bei allen sechsgliedrigen Systemen als dieselben vorkommen können; die Seitenflächen der sechsundsechskantigen Säulen aber kann man als Sechsundsechskantner ansehen, deren Flächen der Axe c parallel, d. i. in deren Zeichen $\gamma = \infty$ wird. Sie sind eben deswegen den sechsgliedrigen und rhomboëdrischen Systemen, welches individuelle Fundamentalverhältnifs von $a : c$ auch für jedes derselben gelten mag, gemeinsam; und finden sich am regulären System in seiner rhomboëdrischen Stellung wieder als die Flächen in den Kantenzonen des Granatdodekaëders, mithin als die Flächen der verschiedenen Pyramiden-Granatoëder, zwischen welchen eine ähnliche Umkehrung derjenigen Winkel, welche die Zuschärfungswinkel der Granatoëderkanten und derer, welche die Neigungen gegenüberliegender Flächen jenseit der Axe der auf die Granatoëderfläche aufgesetzten Pyramide sind, bei dem obigen Verhältnifs zwischen n und m in dem rhomboëdrisch genommenen Ausdruck der Flächen eintritt.

§. 5.

Die Neigung der Fläche des Sechsundsechskantners gegen die Axe hat zum Sinus das Perpendikel Cp (Fig. 6.) aus dem Mittelpunkt C (Fig. 1.) auf die Linie ao, während der Cosinus γc ist. Also ist

$$\text{Sinus} = Cp = \frac{Ca \, . \, Co}{ao} = \frac{a \cdot \frac{2s}{2n-1}}{\frac{2a\sqrt{n^2-n+1}}{2n-1}} = \frac{s}{\sqrt{n^2-n+1}}$$

$$\text{und } \sin : \cos = \frac{s}{\sqrt{n^2-n+1}} : \gamma c$$

Das doppelte Complement dieses Winkels zu 90° ist die Neigung je zweier Flächen des Sechsundsechskanters in der Lateralkante desselben.

§. 6.

Für die halbe Neigung der Flächen gegen einander in der gegen s gekehrten Endkante co (Fig. 2.) des Sechsundsechskantners, d. i. für

ihre Neigung gegen die durch ihr $\frac{2s}{2n-1}$ und γc gelegte Ebne Coc (Fig. 1.) ist der Sinus das auf dieser Ebene senkrechte a, d. i. Ca (Fig. 1.), während der Cosinus in dem rechtwinklichen Dreieck Coc, dessen Katheten Co und Cc, d. i. $\frac{2s}{2n-1}$ und γc sind, das Perpendikel ist aus dem rechten Winkel auf die Hypothenuse, also das Product der Katheten, dividirt durch die Hypothenuse. Für die gesuchte halbe Neigung der Flächen des Sechsundsechskantners in den Endkanten co also ist

$$\sin : \cos = a : \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2}} = \sqrt{4s^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2} : \gamma c \sqrt{3}$$

Für die halbe Neigung der Flächen des Sechsundsechskantners gegen einander in der gegen ein a gekehrten Endkante desselben Cn (Fig. 2.), oder für ihre Neigung gegen eine durch $\frac{a}{n}$ und γc gelegte Ebene Cnc (Fig. 1.) ist der Sinus das auf $\frac{a}{n}$ und γc gemeinschaftlich senkrechte $\frac{2s}{n-2}$ der Fläche, d. i. Ch (Fig. 1.), während der Cosinus wieder ist das Perpendikel in dem rechtwinklichen Dreieck Cnc, dessen Katheten Cn und Cc d. i. $\frac{a}{n}$ und γc sind, aus dem rechten Winkel auf die Hypothenuse. Folglich ist für diese halbe Neigung

$$\sin : \cos = \frac{2s}{n-2} : \frac{a\gamma c}{\sqrt{a^2 + n^2\gamma^2 c^2}} = \sqrt{a^2 + n^2 \gamma^2 c^2} . \sqrt{3} : \gamma c\,(n-2)$$

Diese zwei Neigungen sind zugleich nichts anders, als die Neigungen der geschriebenen Fläche, letztere gegen diejenige Seitenfläche der ersten sechsseitigen Säule $\left[\overset{\infty c}{a : a : \infty a}\right]$, welche der durch $\frac{a}{n}$ und γc gelegten Ebne parallel ist, erstere gegen diejenige Seitenfläche der zweiten sechsseitigen Säule $\left[\overset{\infty c}{a : \tfrac{1}{2}a : a}\right]$, welche der durch das $\frac{2s}{2n-1}$ und γc unserer Fläche gelegten Ebne parallel ist; in Fig. 1. also sind es die Neigungen unserer geschriebenen Fläche cah gegen die geraden Abstumpfungsflächen der Lateralkanten des Dihexaëders ag oder de, oder gegen die der Lateralecken a oder e.

§. 7.

So wie die Neigung gegen diese zwei Flächen der ersten und zweiten sechsseitigen Säule fast unmittelbar in unserem Zeichen ausgedrückt ist, eben so ist es die gegen alle übrigen Seitenflächen sowohl

der ersten als der zweiten sechsseitigen Säule. Es sind dies nehmlich immer Flächen parallel den Ebenen durch γc und eins unserer a oder unserer s gelegt. Stellen wir sie alle zusammen, so haben wir:

für die Neigung unserer Sechsundsechskantnerflächen cah (Fig 1.) gegen diejenige Seitenfläche erster sechsseitiger Säule, welche senkrecht ist auf Ct, oder dem Co, d. i. dem $\frac{2s}{2n-1}$ derselben, oder mit anderen Worten, welche parallel ist der Ebne durch γc und a gelegt, also in Fig. 1. parallel der Abstumpfungsfläche von bd oder gf

$$\sin : \cos = \frac{2s}{2n-1} : \frac{a\gamma c}{\sqrt{a^2+\gamma^2 c^2}} = \sqrt{3}.\ \sqrt{a^2+\gamma^2 c^2} : \gamma c\,(2n-1)$$

gegen die, welche senkrecht ist auf Cu oder Ch, d. i. dem $\frac{2s}{n-2}$ derselben, oder parallel der Ebne durch $\frac{a}{n}$ und γc gelegt, d. i. parallel der Abstumpfungsfläche von de oder ag (s. oben §. 6.)

$$\sin : \cos = \frac{2s}{n-2} : \frac{a\gamma c}{\sqrt{a^2+n^2\gamma^2 c^2}} = \sqrt{3}\,.\ \sqrt{a^2+n^2\gamma^2 c^2} : \gamma c\,(n-2)$$

gegen die, welche senkrecht ist auf Cs oder Ci, dem $\frac{2s}{n+1}$ unserer Fläche oder parallel der Ebne Cdc (Fig. 1.), die durch $\frac{a}{n-1}$ und γc gelegt wird, also parallel der Abstumpfungsfläche von ab oder ef

$$\sin : \cos = \frac{2s}{n+1} : \frac{a\gamma c}{\sqrt{a^2+(n-1)^2\gamma^2 c^2}} = \sqrt{3}\,.\ \sqrt{a^2+(n-1)^2\gamma^2 c^2} : \gamma c(n+1)$$

Eben so für die Neigung unserer Sechsundsechskantnerfläche gegen diejenige Seitenfläche zweiter sechsseitiger Säule, welche senkrecht ist auf ihrem $\frac{a}{n-1}$, oder parallel der Ebne durch $\frac{2s}{n+1}$ und γc gelegt, d. i. der Ebne Cic (Fig. 1.)

$$\sin : \cos = \frac{a}{n-1} : \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2+(n+1)^2\gamma^2 c^2}} = \sqrt{4s^2+(n+1)^2\gamma^2 c^2} : (n-1)\gamma c\sqrt{3}$$

gegen diejenige, welche senkrecht ist auf dem $1a$ unserer Fläche, d. i. parallel der durch das $\frac{2s}{2n-1}$ und γc derselben gelegten Ebne Coc (Fig. 1.) (s. oben §. 6.)

$$\sin : \cos = a : \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2+(2n-1)^2\gamma^2 c^2}} = \sqrt{4s^2+(2n-1)^2\gamma^2 c^2} : \gamma c\sqrt{3}$$

und gegen diejenige, welche senkrecht ist auf dem $\frac{a}{n}$, oder parallel der Ebne durch $\frac{2s}{n-2}$ und γc gelegt d. i. der Ebne Chc (Fig. 1.)

$$\sin : \cos = a : \frac{2s\,\gamma c}{\sqrt{4s^2 + (n-2)^2\,\gamma^2\,c^2}} = \sqrt{4s^2 + (n-2)^2\,\gamma^2\,c^2} : n\gamma c\sqrt{3}$$

Man kann alle diese Neigungen gegen die verschiedenen Seitenflächen erster und zweiter sechsseitiger Säule betrachten als die halben Neigungen, welche eine Sechsundsechskantnerfläche mit gewifsen ihr gleichartigen desselben Sechsundsechskantners bilden würde, mit welchen sie zwar, abgesehen von den beiden genannten, an dem symmetrisch begrenzten Sechsundsechskantner nicht an der Oberfläche in Kanten zusammenstöfst, mit welchen sie indefs theils bei zufällig unsymmetrischer Ausdehnung der einen Fläche vor der andern bald hier bald dort, theils regelmäfsig bei der Reduction des Sechsundsechskantners auf seinen Hälftflächner, den Dreiunddreikantner, wirklich zusammentrift; überdem können diese Neigungen auch unbeschadet des Nichtzusammenstofsens der Flächen gar wohl gemefsen werden und so zur Controlle bei der schärferen Bestimmung der wirklichen Beschaffenheit einer zu bestimmenden Krystallfläche dienen.

§. 8.

Alle diese Seitenflächen der beiden sechsseitigen Säulen sowohl als die verschiedenen Flächen eines und desselben Sechsundsechskantners lassen sich leicht in unserem Zeichen der Fläche selbst durch verschiedene Modificationen desselben ausdrücken. Man dürfte nur den zu unterscheidenden drei a der Folge nach, wie wir sie geschrieben haben, Beizeichen geben, etwa durch Punkte, $a^{\cdot}$, $a^{\cdot\cdot}$, $a^{\cdot\cdot\cdot}$, aufserdem den entgegengeseszten Endpunkten derselben Dimensionen die gewöhnlichen Accente, $a^{\cdot\prime}$, $a^{\cdot\cdot\prime}$ und $a^{\cdot\cdot\cdot\prime}$; eben so den s ihrer Folge nach in unserem Zeichen die Nebenbestimmungen $s^{\cdot}$, $s^{\cdot\cdot}$ und $s^{\cdot\cdot\cdot}$, nebst den $s^{\cdot\prime}$, $s^{\cdot\cdot\prime}$ und $s^{\cdot\cdot\cdot\prime}$ für die entgegengesetzten Endpunkte derselben, wenn man nicht den Gebrauch der Buchstaben selbst vervielfältigen, und z. B. a, b, d für die drei a, oder das Zeichen des Negativen, —, statt der Accente gebrauchen will (1).

(1) Wir nennen also hiernach in Fig. 1. die Linien *Ca*, *Cb*, *Cd*, $a^{\cdot}$, $a^{\cdot\cdot}$, und $a^{\cdot\cdot\cdot}$; *Ce*, *Cf*, *Cg*, $a^{\cdot\prime}$, $a^{\cdot\cdot\prime}$, $a^{\cdot\cdot\cdot\prime}$; *Cs*, *Ct*, *Cu*, $s^{\cdot}$, $s^{\cdot\cdot}$, $s^{\cdot\cdot\cdot}$ u. s. w.

Diesem gemäfs ausgedrückt, gilt die erste der sechs obigen Formeln für die Neigung

von $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot\cdot} : a^{\cdot\cdot\cdot} : \infty a^{\cdot}}}$ oder

für die halbe gegen $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\prime}}}$

Die zweite Formel gilt für die Neigung

von $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot} : a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \infty a^{\cdot\cdot}}} = \overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot\prime} : a^{\cdot\cdot\cdot} : \infty a^{\cdot\cdot}}}$ oder

für die halbe gegen $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot}}}$

Die dritte für die Neigung

von $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot} : a^{\cdot\cdot} : \infty a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ oder

für die halbe gegen $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$

Desgleichen die vierte für die Neigung

von $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{2} a^{\cdot\cdot\cdot} : a^{\cdot\prime}}} = \overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{2} a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : a^{\cdot\cdot\prime}}}$ oder

für die halbe gegen $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot\prime}}}$

Die fünfte für die Neigung

von $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{2} a^{\cdot} : a^{\cdot\cdot}}} = \overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{2} a^{\cdot\prime} : a^{\cdot\cdot\prime}}}$ oder

für die halbe gegen $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot}}}$

und die sechste für die Neigung

von $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\overset{\infty c}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{2} a^{\cdot\cdot} : a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ oder

für die halbe gegen $\overset{yc}{\boxed{a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\prime}}}$.

In allen Abtheilungen der Krystallsystéme ist das Verfahren in Bezug auf die Unterscheidung der gleichartigen Flächen das nemliche; und im regulären Systeme selbst geben die nemlichen Mittel gleich leicht die Unterscheidung der acht und vierzig verschiedenen Flächen des Sechsmalachtflächners an die Hand.

§. 9.

Es sind im allgemeinen die Neigungen jeder Sechsundsechskantnerfläche gegen die eilf übrigen ihr gleichartigen Flächen desselben Sechsundsechskantners zu unterscheiden. Durch die obigen sechs Formeln des §. 7. hatten wir zugleich die Neigung gegen sechs derselben bestimmt. Es sind fünf andere übrig in derselben Pyramide; – die der entgegengesetzten Pyramiden bedürfen, als die parallelen der ersteren, keine besondere Betrachtung; – diese fünf Neigungen aber sind ebenfalls aus unserem Zeichen ganz leicht zu finden. Eine ist die unserer Fläche $\overset{\gamma c}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1}\, a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen die ihr jenseit der Axe gegenüberliegende $\overset{\gamma c}{\boxed{a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1}\, a^{\cdot\cdot\cdot\prime}}}$ also die doppelte Neigung gegen die Axe, für welche wir oben schon hatten (§. 5.)

$$\sin : \cos = \frac{s}{\sqrt{n^2 - n + 1}} : \gamma c$$

Eben diese Formel führt uns zu denen für die vier übrigen Neigungen. Zwei von ihnen nemlich, die Neigung von $\overset{\gamma c}{\boxed{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1}\, a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\overset{\gamma c}{\boxed{a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1}\, a^{\cdot\prime}}}$ und gegen $\overset{\gamma c}{\boxed{a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n}\, a^{\cdot} : \frac{1}{n-1}\, a^{\cdot\cdot}}}$ d. i. die Neigung von je zwei a b w e c h s e l n d e n Flächen des Sechsundsechskantners, wie cno und $cn''o'''$, oder cno und $cn'o'$ (Fig. 2.) gegen einander sind die Neigungen zweier b e n a c h b a r t e r Flächen in den Endkanten eines D i h e x a ë d e r s, dessen Fläche gegen die Axe geneigt wäre unter

$$\sin : \cos = \frac{s}{\sqrt{n^2 - n + 1}} : \gamma c.$$

Wir kennen aber die allgemeine Formel, welche für eine solche Neigung am Dihexaëder gilt. Sie giebt uns für die halbe gesuchte Neigung (1)

$$\sin : \cos = \sqrt{3} \,.\, \sqrt{\frac{a^2}{n^2 - n + 1} + \gamma^2 c^2} : \gamma c = \sqrt{\frac{4 s^2}{n^2 - n + 1} + 3 \gamma^2 c^2} : \gamma c$$

---

(1) Am Dihexaëder nemlich ist für die halbe Neigung in der Endkante *Sinus* zu *Cosinus*, wie die Endkante $\times \sqrt{3}$ zur halben Axe.

Die beiden anderen aber, die Neigung von

$\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ gegen $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\prime}}}$ und gegen $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot}}}$

d. i. die Neigung einer Fläche wie cno (Fig. 2.) gegen die an co'' nach hinten grenzende oder wie von $co''n'$ gegen con'', von $cn'o'$ gegen $cn''o'''$ u. s. f. sind die Neigungen zweier benachbarter Flächen in den Endkanten eines Rhomboëders, dessen Fläche gegen die Axe geneigt ist, wie vorhin. So folgt wiederum aus der allgemeinen Formel für eine solche Neigung am Rhomboëder, daſs für unsere gesuchte halbe Neigung ist (1)

$$\sin : \cos = \sqrt{\frac{4 \cdot s^2}{n^2 - n + 1} + \gamma^2 c^2} : \gamma c \sqrt{3}$$

So wären also die Neigungen der gegebenen Fläche des Sechsundsechskantners gegen alle eilf übrigen des nemlichen Körpers (– die parallelen zählen wir nicht besonders –) mit Hülfe unsers Zeichens leicht bestimmt.

§. 10.

Alle die Winkel ferner, welche unser Zeichen angiebt durch das Verhältniſs eines jeden a und eines jeden s zu γc, jene als Sinus, γc als Cosinus genommen, sind nicht blos, was man meinen möchte, Winkel gewisser innerer Linien gegen die Axe des Sechsundsechskantners. Ihre Complemente zu 180° werden zu den ebnen Winkeln, welche unsere geschriebene Fläche auf den verschiedenen Seitenflächen der ersten und zweiten sechsseitigen Säule mit den Seitenkanten der Säule bildet. Es giebt also das Verhältniſs $a : \gamma c$ das des Sinus und Cosinus für den ebnen Winkel, den die Fläche

$\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ auf der Seitenfläche $\boxed{\overset{\infty c}{a^{\cdot\cdot} : a^{\cdot\cdot\cdot} : \infty a^{\cdot}}}$

$\frac{a}{n} : \gamma c$ für den, welchen sie auf der Seitenfläche

$\boxed{\overset{\infty c}{a^{\cdot\cdot\prime} : a^{\cdot} : \infty a^{\cdot\cdot}}}$ oder $\boxed{\overset{\infty c}{a^{\cdot\cdot\cdot} : a^{\cdot\prime} : \infty a^{\cdot\cdot}}}$

$\frac{a}{n-1} : \gamma c$ für den, welchen sie auf der Seitenfläche $\boxed{\overset{\infty c}{a^{\cdot} : a^{\cdot\cdot} : \infty a^{\cdot\cdot\cdot}}}$ erster sechsseitiger Säule,

---

(1) Am Rhomboëder ist für die halbe Neigung in der Endkante *Sinus* zu *Cosinus*, wie die Endkante zur ganzen Axe, dividirt durch $\sqrt{3}$.

$\frac{2s}{n+1} : \gamma c$ für den, welchen sie auf der Seitenfläche $\boxed{a'' : \tfrac{1}{2}\overset{\infty c}{a'''} : a'}$

$\frac{2s}{2n-1} : \gamma c$ für den, welchen sie auf der Seitenfläche $\boxed{a'''' : \tfrac{1}{2}\overset{\infty c}{a'} : a''}$,

und $\frac{2s}{n-2} : \gamma c$ für den, welchen sie auf der Seitenfläche $\boxed{a' : \tfrac{1}{2}\overset{\infty c}{a''} : a'''}$
der zweiten sechsseitigen Säule mit den Seitenkanten bildet.

Bei der symmetrischen Erscheinung der sämmtlichen Flächen eines Sechsundsechskantners an der ersten sechsseitigen Säule ist es der ebene Winkel n. 1, der sich an der Oberfläche selbst wirklich zeigt; wie z. B. beim Apatit (Haüy's *traité de minér.*, zweite Ausg. Taf. 27. Fig. 14.), wo, wenn die Sechsundsechskantnerfläche u die gewöhnliche $\boxed{a : \tfrac{1}{3}\overset{c}{a} : \tfrac{1}{2}a}$ und das Verhältnifs von $a : c$ ist $= \sqrt{2} : 1$, eben dieses Verhältnifs zu dem des Sinus und Cosinus des ebnen Winkels wird, welchen die Fläche u auf der Seitenfläche M mit der Seitenkante bildet.

Beim Quarz, wo man an dem Ende einer und derselben Seitenkante der Säule solche Flächen, welche einem Sechsundsechskantner angehören, nicht gepaart und vollzählich, wie beim Apatit, sondern immer einzeln findet, (vergl. Haüy's *traité*, zweite Ausg. Taf. 57. Fig. 15.) erscheint ausser dem vorigen, d. i. dem ebnen Winkel y (Fig. 15.) zugleich der ebne Winkel n. 3, d. i. y' (Fig. 15.); und wenn die Sechsundsechskantnerfläche eine der beiden gewöhnlichen beim Quarz

$$\boxed{a : \tfrac{1}{4}\overset{c}{a} : \tfrac{1}{3}a} \text{ oder } \boxed{a : \tfrac{1}{6}\overset{c}{a} : \tfrac{1}{5}a}$$

(s. beide zusammen Taf. 58. Fig. 18.) und das Verhältnifs von $a : c$ – wir bleiben hier bei der Haüy'schen Bestimmung stehen, – das von $\sqrt{5} : \sqrt{6}$ ist, so hat man für den ebnen Winkel wie y, in beiden Fällen eben dies Verhältnifs des Sinus zum Cosinus $= \sqrt{5} : \sqrt{6}$, für den ebnen Winkel y' dagegen bei der erstgenannten Fläche, welche dem Haüy'schen u (Fig. 18.) entspricht, das Verhältnifs $\sin : \cos = \frac{\sqrt{5}}{3} : \sqrt{6} = \sqrt{5} : 3\sqrt{6}$, und bei der zweiten, d. i. dem Haüy'schen x,

$$\sin : \cos = \frac{\sqrt{5}}{5} : \sqrt{6} = \sqrt{5} : 5\sqrt{6} = 1 : \sqrt{30}$$

Es ist nicht nöthig zu bemerken, dafs ein ebner Winkel, wie g, (ebendas. Fig. 15.) welchen die Kante zwischen der Dihexaedërfläche und der der ersten sechsseitigen Säule auf der letzteren mit der Sechsundsechskantnerfläche x oder x' bildet, das Complement von y oder y', plus 90^0, ist. Eben so leuchtet ein, dafs, wenn in Taf. 26. Fig. 10, u

und M dieselben Apatitflächen sind, wie Taf. 27. Fig. 14., der ebne Winkel, welchen je zwei Flächen u auf M bilden, das doppelte Complement des bei Fig. 14. Taf. 27. betrachteten, also identisch ist mit der Neigung zweier jenseit der Axe sich gegenüberliegender Endkanten des Dihexaëders $\boxed{\overset{\gamma c}{a : a : \infty a}}$, im gegenwärtigen Fall identisch mit der Neigung der gegenüberliegenden Zuspitzungskanten Fig. 2. und Fig. 6. Taf. 26., welche durch die Dihexaëderflächen $x = \boxed{\overset{c}{a : a : \infty a}}$ gebildet werden.

Man sieht ein, wie man sich solcher ebnen Winkel, vorausgesetzt, dafs sie mefsbar genug sind, zur Bestimmung des Werthes einer beobachteten Fläche, und zur Auffindung ihres Dimensionsausdruckes sehr wohl mit bedienen kann.

Damit auch der ebne Winkel n. 2. an der Oberfläche des Krystalls zum Vorschein käme, würde eine solche Ausdehnung einer ähnlichen Fläche

$\boxed{\overset{\gamma . c}{a' : \frac{1}{n} a'' : \ldots}}$ und der auf $\frac{2s}{n-2}$ senkrechten Seitenfläche $\boxed{\overset{\infty c}{a''' : a'' : \infty a''}}$

über die zwischenliegenden weg erforderlich sein, dafs sie einander schnitten; wie wenn die Quarzfläche x (Fig. 15. Taf. 57. bei Haüy) die unter z' liegende r' oder die ihr parallele schnitte; ihre Kante würde alsdann der Linie parallel gehen, welche von dem Endpunkt eines $\frac{a}{n}$ nach dem von γc geht; und wirklich geschieht es oft genug, dafs solche unverhältnifsmäfsige Ausdehnungen der einen Fläche auf Kosten der andern Statt finden; es kommen überhaupt unsymmetrisch gebildete Krystalle in der Wirklichkeit in allen möglichen Graden und Richtungen der Abweichung von der vollkommenen Symmetrie so gern vor, und sie haben gerade für die Theorie das interessante und lehrreiche, dafs durch sie Eigenschaften der erwähnten Art an der Oberfläche sichtbar werden, welche die Symmetrie blofs in das Innere des Krystalls verschliefst.

Beim rhomboëdrischen System kommen an der Combination der Flächen eines Dreiunddreikantners mit den Seitenflächen der ersten sechsseitigen Säule eben die ebenen Winkel, von denen wir jetzt nur Beispiele aus dem sechsgliedrigen Systeme zur Erläuterung wählten, auf eine noch besonders überraschende Weise an den Tag, wie wir nachher noch zu zeigen uns vorbehalten.

Kommen mit den Flächen des Sechsundsechskantners die Seitenflächen der zweiten sechsseitigen Säule, d. i. die auf den dreierlei a senkrechten in Berührung, wie in der vorhin erwähnten Haüy'schen Abbildung des Apatitkrystalls Fig. 10. Taf. 26, wo e die Seitenflächen der zweiten sechsseitigen Säule, u aber wieder die Flächen $\left[\overset{c}{a : \tfrac{1}{3}a : \tfrac{1}{2}a}\right]$ vorstellen, so ist der ebene Winkel, welcher wiederum bei der vollkommen symmetrischen Ausbildung des Krystalls an der Oberfläche sich zeigt, der obige n. 6. oder sein $\sin : \cos = \frac{2\,s}{n-2} : \gamma\,c$; also der ebene Winkel, welchen die Apatitfläche u auf der Seitenfläche e mit der Seitenkante bildet, wird, da $n = 3$, kein anderer sein, als der, dafs sein

$$\sin : \cos = 2\,s : c = 2\,\sqrt{3} : \sqrt{2} = \sqrt{6} : 1,$$

vorausgesetzt dafs für den Apatit $s : c = \sqrt{3} : \sqrt{2}$ wäre, wie Haüy annimmt.

Gestattet es der Mangel an symmetrischer Ausbildung, dafs die Sechsundsechskantnerfläche beide Seitenflächen der zweiten Säule schneidet, welche in derjenigen Seitenkante dieser Säule zusammenstofsen, auf welche die erstere aufgesetzt erscheint, und welche sich in Fig. 10. Taf. 26. über M bilden würde, so ist es der ebene Winkel n. 4., welcher auf dieser anderen Seitenfläche, d. i. der auf ihrem $\frac{a}{n-1}$ senkrechten (– die erstere war die auf $\frac{a}{n}$ senkrechte –) durch sie gebildet wird. Von zwei benachbarten Flächenpaaren u und e Fig. 10. also würde die links liegende u auf der rechtsliegenden e, und umgekehrt die rechtsliegende u auf der linksliegenden e mit der Seitenkante einen Winkel bilden, für welchen $\sin : \cos = \frac{2\,s}{n+1} : \gamma c$, im vorliegenden Fall $= \frac{1}{2}\,s : c = \sqrt{3} : \sqrt{8}$ nach den vorigen Voraussetzungen.

Auf der auf dem a der Sechsundsechskantnerfläche senkrechten Seitenfläche einen ebnen Winkel mit der Seitenkante hervorzubringen, setzt wiederum eine unverhältnifsmäfsig grofse Ausdehnung dieser Seitenfläche oder der Sechsundsechskantnerfläche über die zwischenliegenden voraus, welche zwar zu den ungewöhnlicheren Erscheinungen, nichtsdestoweniger aber auch in den Kreis des Beobachtbaren gehört. In Fig. 10. Taf. 26. würden je zwei zusammenstofsende Flächen u, wenn sie mit der dritten Seitenfläche e, die sie hier nicht berühren, zusammenstiefsen, den nemlichen ebnen Winkel mit der Seitenkante bilden; er wäre identisch mit der Neigung der zwischen ihnen sich befindenden Kante

gegen die Seitenfläche M; und eben so würden in Fig. 14. Taf. 27. zwei zusammenstofsende Flächen u, beide den nemlichen ebnen Winkel auf der dritten Seitenfläche M bilden, gleich der Neigung der Kante zwischen diesen beiden u gegen die Seitenkante zwischen M und M.

§. 11.

Für die ebnen Winkel der Fläche des Sechsundsechskantners cno (Fig. 2.) findet man die allgemeinen Formeln aus den bekannten Werthen der Seiten des Dreiecks cno, nemlich der beiden Endkanten und der Lateralkante. Diese sind (vergl. oben §. 2.)

$$\frac{\sqrt{a^2 + n^2 \gamma^2 c^2}}{n}, \quad \frac{\sqrt{3a^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2}}{2n-1}, \text{ und } \frac{a\sqrt{n^2 - n + 1}}{n(2n-1)}$$

es verhält sich daher die Endkante an a, d. i. cn (Fig. 2.) zur Endkante an s, d. i. zu co (Fig. 2.) und zur Lateralkante no, wie

$$(2n-1)\sqrt{a^2 + n^2\gamma^2 c^2} : n\sqrt{3a^2 + (2n-1)^2\gamma^2 c^2} : a\sqrt{n^2 - n + 1}$$

Hieraus findet sich für den ebnen Endspitzenwinkel der Fläche, d. i. für den Winkel nco (Fig. 2.)

$$\sin : \cos : \text{rad} = a\sqrt{s^2 + (n^2 - n + 1)\gamma^2 c^2} : 2s^2 + n(2n-1)\gamma^2 c^2 : \sqrt{a^2 + n^2\gamma^2 c^2} \cdot \sqrt{3a^2 + (2n-1)^2\gamma^2 c^2}$$

für den Lateralwinkel an a, d. i. für den Winkel cno (Fig. 2.) wird

$$\sin : \cos : \text{rad} = 2n\sqrt{s^2 + (n^2 - n + 1)\gamma^2 c^2} : a(n-2) : 2\sqrt{n^2 - n + 1} \cdot \sqrt{a^2 + n^2\gamma^2 c^2}$$

und für den Lateralwinkel an s, d. i. für den Winkel con (Fig. 2.)

$$\sin : \cos : \text{rad} = (2n-1)\sqrt{s^2 + (n^2 - n + 1)\gamma^2 c^2} : s\sqrt{3} : \sqrt{4s^2 + (2n-1)^2\gamma^2 c^2} \cdot \sqrt{n^2 - n + 1}$$

Wir begnügen uns hier der Kürze wegen mit der Anzeige der Resultate; die Rechnung selbst vorzulegen halten wir für überflüfsig. Was den oft vorkommenden Ausdruck $n^2 - n + 1$ betrift, so kann in der Anwendung vielleicht mit noch gröfserer Bequemlichkeit ihm der ihm gleiche $n(n-1) + 1$ substituirt werden.

§. 12.

Am Dreiunddreikantner (Fig. 3.) verschwindet abwechselnd ein Paar von Flächen, welches in einer gegen das *s* gekehrten Endkante co' oder co''' (Fig. 2.) zusammenstöfst, während die anliegenden Paare in einer Kante co oder co'' zusammenstofsender Flächen des Sechsundsechskantners über die verschwindenden sich ausdehnen. Die parallelen, der entgegengesetzten Pyramide angehörigen Flächen verschwinden zugleich mit den verschwindenden oben, oder wachsen mit den wachsenden; und so reducirt sich der Sechsundsechskantner (Fig. 2.) auf die angegebene Hälfte seiner Flächen im Dreiunddreikantner (Fig. 3.) Wollten wir nach der (§. 8.) angegebenen Methode die einzelnen Flächen alle in ihren Zeichen unterscheiden, so würden sie an einer und derselben Pyramide nach einer Richtung herum gezählt, so auf einander folgen:

1. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$, 2. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot}}}$

3. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\prime}}}$, 4. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot}}}$

5. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\prime}}}$, 6. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\prime}}}$

7. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot\prime}}}$, 8. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\prime}}}$

9. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot}}}$, 10. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot\prime}}}$

11. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot}}}$, 12. $\boxed{\overset{\gamma c}{a^{\cdot\cdot\cdot} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot}}}$

So sind denn die Paare 1, 2; 5, 6; 9, 10 die bleibenden, wenn die drei übrigen 3, 4; 7, 8; 11, 12 die verschwindenden sind, und umgekehrt. Es wäre unnöthig, die parallelen Flächen, welche den entgegengesetzten Pyramiden angehören, besonders zu schreiben; man hätte wieder alle die vorigen verschiedenen Combinationen der a jedesmal mit dem accentuirten c' in $\gamma c'$; die parallele Fläche einer gegebenen hat jedesmal zu ihrem Zeichen das der gegebenen, mit Umkehrung der Accente in den sämmtlichen Theilen des Zeichens; so ist $\boxed{\overset{\gamma c'}{a^{\cdot\prime} : \frac{1}{n} a^{\cdot\cdot\prime} : \frac{1}{n-1} a^{\cdot\cdot\cdot\prime}}}$

die parallele Fläche von no. 1. u. s. f. Ein jedes der geschriebenen Paare aber hat sein $\frac{2s}{2n-1}$ der individuellen Form nach für beide seiner Flächen gemein; so ist es das $\frac{2}{2n-1}\,s^{\cdot\cdot}$ für das Paar 1. und 2., das $\frac{2}{2n-1}\,s^{\cdot\cdot\cdot}$ für no. 3. und 4.; das $\frac{2}{2n-1}\,s^{\cdot\prime}$ für no. 5. und 6.; das $\frac{2}{2n-1}\,s^{\cdot\cdot\prime}$ für no. 7. und 8; das $\frac{2}{2n-1}\,s^{\cdot\cdot\cdot\prime}$ für no. 9. und 10; endlich das $\frac{2}{2n-1}\,s^{\cdot}$ für no. 11. und 12.

Bei dem ausgesprochenen Gesetz des Verschwindens für eine Hälfte von Flächen verschwindet an der Oberfläche des neuen Körpers die dem a zugekehrte Endkante des Sechsundsechskantners; denn von zwei Flächen, welche eine solche Kante unter sich bilden, verschwindet die eine, während die andere sich über sie ausdehnt; es sind Flächen, welche ein und dasselbe $\frac{1}{n}\,a$ in seiner speciellen Form gemein haben; es sind Paare, wie no. 1. und 12., no. 2. und 3., 4. und 5. zusammen u. s. f.

Eine Fläche no. 2. stöfst an dem neuen Körper, statt mit no. 3., mit no. 5., eine Fläche no. 6. mit no. 9., und eine Fläche no. 1. statt mit no. 12. mit no. 10. zusammen, und zwar in einer Linie, welche von γc nach dem $\frac{2}{n+1}\,s$, oder, der Gröfse nach, dem zweiten s gehen würde; dieses s haben je zwei eben genannte Flächen auch der individuelleren Bestimmung nach, gemein, nemlich no. 2 und 5. das $\frac{2}{n+1}\,s^{\cdot\cdot}$, no. 6. und 9. das $\frac{2}{n+1}\,s^{\cdot\cdot\prime}$, und no. 1. und 10 das $\frac{2}{n+1}\,s^{\cdot}$. Es würde dies in der obigen Nebeneinanderstellung der individuellen Zeichen für alle diese Flächen unmittelbar einleuchten, wenn wir dem Zeichen einer jeden die ihr zugehörigen s im Sinn dieser ausgeführten Schreibart hätten hinzufügen wollen, was mir indefs unnöthig schien, und dem Überblick vielleicht mehr geschadet als Vortheil gebracht hätte.

§. 13.

Indem wir aber jetzt zu dem allgemeineren nicht auf jene Weise individualisirten Zeichen der Fläche

$$\overbrace{\begin{array}{|c|} a : \frac{1}{n}\,a : \frac{1}{n-1}\,a \\ \frac{2}{n+1}\,s : \frac{2}{2n-1}\,s : \frac{2}{n-2}\,s \end{array}}^{\gamma c}$$

zurückkehren, so wenden wir unsere Aufmerksamkeit auf das bedeutsame, was die untere Reihe des Zeichens, die Reihe der s, in Verbindung mit dem γc, für den Dreiunddreikantner insbesondere hat. Wir wissen bereits (vgl. §. 3.), das Verhältnifs $\frac{2}{2n-1}\,s : \gamma c$ giebt uns den Si-

nus und Cosinus der Neigung gegen die Axe für diejenige Endkante an, welche der Dreiunddreikantner mit seinem Sechsundsechskantner gemein hat d.i. für co (Fig. 3.); und (1) das Verhältnifs $\frac{2}{n+1}\ s : \gamma c$ das des Sinus und Cosinus für die Neigung der an dem Dreiunddreikantner neu construirten, durch das Verschwinden eines Paares der Flächen am Sechsundsechskantner bedingten Endkante cq (Fig. 3.); jenes ist jederzeit die stumpfere, dieses die schärfere Endkante des Dreiunddreikantners; eine Folge davon, dafs $\frac{2}{2n-1}\ s$ jederzeit das kleinste, $\frac{2}{n+1}\ s$ das gröfsere von beiden ist (vgl. oben, §. 1.). Aber nicht minder sprechend ist für den Dreiunddreikantner das Verhältnifs $\frac{2}{n-2}\ s : \gamma c$; und dies war von mir, als ich meine erste Abhandlung über diese Bezeichnungsmethode schrieb, übersehen worden (2). Während nemlich die ersteren beiden Verhältnisse die Neigungen der zweierlei Endkanten des Körpers gegen die Axe angaben, giebt dieses dritte die Neigung der Lateralkante desselben oq gegen die Axe an, oder, was dasselbe ist, die der Endkante des eingeschlossenen Rhomboëders, d.i. desjenigen, welches seine Lateralkanten mit den Lateralkanten des Dreiunddreikantners coïncidirend hat (Fig. 3.). Man lasse nemlich eine Fläche coq sich schneiden mit der parallelen von $c'oq$, d.i. von der, mit welcher sie in der Lateralkante des Dreiunddreikantners zusammenstöfst, also mit $co'q''$, in einer Linie ch, welche von c, d.i. von dem Endpunkte γc aus, über der schärferen Endkante cq' zu liegen kommt, worin die zwischenliegenden zwei Flächen coq' und $cq'o'$ unter sich zusammenstiefsen; so wird die Linie ch offenbar der Lateralkante oq parallel, und wird gehen von γc nach dem Endpunkte eines s, welches die zwei Flächen coq und $co'q''$ gemein haben, und welches das dritte, oder das $\frac{2}{n-2}\ s$ einer jeden seyn wird. Denn es sind dies immer zwei Flächen wie cah und cgh (Fig. 1.) oder wie no. 1. und 6. (§. 12.), die ihr $\frac{2}{n-2}\ s'''$, oder wie 2 und 9, die ihr $\frac{2}{n-2}\ s'$, oder wie no. 5 und 10, die ihr $\frac{2}{n-2} s''$ gemein erhalten. Die neu construirte Kante ch bekommt also für ihre Neigung gegen die Axe zum Sinus $\frac{2}{n-2}\ s$, zum Cosinus γc; eben dieses ist also auch das Neigungsverhältnifs für die ihr parallele Lateral-

(1) Vergl. den Band dieser Schriften für 1816 und 17, S. 325.

(2) a. a. O. S. 326. 327.

kante des Dreiunddreikantners, folglich auch wieder für die dieser parallele Endkante des eingeschlossenen Rhomboëders.

Hieraus leuchtet also ein, dafs, sofern es darauf ankommt, uns die äufserlich am Körper hervorstechenden Eigenschaften im Zeichen der Fläche sichtbar zu machen, es für die Fläche des Dreiunddreikantners und für ihn selbst kein kürzeres und sprechenderes Zeichen geben kann, als das, welches die Werthe der Fläche in den drei Dimensionen s im Verhältnifs zur Dimension c angiebt; dies thut das Zeichen

$$\overset{\gamma c}{\boxed{\frac{2}{n+1}s : \frac{2}{2n-1}s : \frac{2}{n-2}s}}$$

gleichsam die Abkürzung unseres vollständigeren Zeichens der Fläche, angepafst der bequemsten Betrachtung des Dreiunddreikantners, oder als dem rhomboëdrischen System angehörig, die s jedoch immer in ihrer Abhängigkeit von den Grundwerthen in a betrachtet (1). Dagegen war

$$\overset{\gamma c}{\boxed{a : \frac{1}{n}a : \frac{1}{n-1}a}}$$

die natürliche Abkürzung des vollständigen Zeichens, sofern die Fläche eines Sechsundsechskantners, oder überhaupt als dem sechsgliedrigen System angehörig, kürzer bezeichnet werden sollte. So möchte man denn der Reihe der a mit dem γc zur kürzeren Bezeichnung der Flächen im sechsgliedrigen, der Reihe der s mit dem γc im rhomboëdrischen System sich bedienen; das vollständige Zeichen, welches beide Reihen aufnimmt, und welches für das Studium der Flächen in einem wie in dem anderen Falle ein wesentliches wissenschaftliches Bedürfnifs bleibt, gehört der Betrachtung des Gegenstandes in den Beziehungen des rhomboëdrischen Systems so gut als in denen des sechsgliedrigen.

---

(1) Sofern die Abhängigkeit der s von den a gar nicht in Betracht käme, würde man, von den s unmittelbar ausgehend, wiederum das Zeichen

$$\overset{\gamma c}{\boxed{s : \frac{1}{n}s : \frac{1}{n-1}s}} \quad \text{statt} \quad \overset{\gamma c}{\boxed{\frac{2}{n+1}s : \frac{2}{2n-1}s : \frac{2}{n-2}s}}$$

substituiren können, da die s unter sich durch das nemliche Gesetz verbunden sind, wie die a unter sich. Um der veränderten Werthe von n und γ willen würde es aber rathsam seyn, sich in diesem Falle anderer Buchstaben als n und γ zu bedienen, um in den hieraus abzuleitenden Formeln keine Verwechslung zu veranlassen.

§. 14.

Es leuchten ferner ein die Gesetze für die Neigungen der Flächen des Dreiunddreikantners gegen einander, sowohl in den End- als in der Lateralkante. Wir haben, wie oben (§. 6.), für die halbe Neigung der Flächen gegen einander in der stumpfen Endkante

$$\sin : \cos = a : \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2 + (2n-1)^2\gamma^2 c^2}} = \sqrt{4s^2 + (2n-1)^2\gamma^2 c^2} : \gamma c\sqrt{3};$$

für die halbe Neigung der Flächen in der schärferen Endkante (§. 7.)

$$\sin : \cos = \frac{a}{n-1} : \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2 + (n+1)^2\gamma^2 c^2}} =$$

$$\sqrt{4s^2 + (n+1)^2\gamma^2 c^2} : \gamma c\,(n-1)\sqrt{3}\ \text{(1)}$$

und für die halbe Neigung in der Lateralkante des Dreiunddreikantners (§. 7.)

$$\sin : \cos = \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2 + (n-2)^2\gamma^2 c^2}} : \frac{a}{n} = \gamma c\,n\sqrt{3} : \sqrt{4s^2 + (n-2)^2\gamma^2 c^2}$$

das umgekehrte Verhältnifs von dem für die Neigung der Fläche gegen die durch γc und $\frac{2}{n-2}s$ gelegte Ebne.

§. 15.

Erinnert man sich ferner aus §. 7, welche Gesetze gelten für die Neigungen der geschriebenen Fläche gegen die verschiedenen Seitenflächen sowohl erster als zweiter sechsseitiger Säule, so gehen diese aus dem Sechsundsechskantner auf den Dreiunddreikantner, als seinen Hälft-

---

(1) Aus dieser Formel findet sich leicht, in welchen Fällen die Neigung in der schärferen Endkante 90° werden kann. Man erhält dann $2s^2 = (n^2 + 1 - 4n)\gamma^2 c^2$, oder $\frac{2s^2}{\gamma^2 c^2} - 1 + 4n = n^2$, also $n = 2 + \sqrt{3 + \frac{2s^2}{\gamma^2 c^2}}$, welches für n einen krystallonomisch möglichen Werth giebt, wenn $\sqrt{3 + \frac{2s^2}{\gamma^2 c^2}}$ eine rationale Gröfse wird; z. B. wenn $s : \gamma c = 1 : \sqrt{2}$, d. i. beim Würfel in der rhomboëdrischen Stellung, wo beim Werthe $n = 4$ und $\gamma = 1$, der Dreiunddreikantner diese Eigenschaft bekommt; desgleichen beim Werthe $n = 5$, wenn $s : \gamma c = \sqrt{3} : 1$, wie in dem Berillsystem; beim Werthe $n = \frac{9}{2}$, wenn $s : \gamma c = \sqrt{13} : \sqrt{8}$ u. s. f.

Scharf oder unter 90° wird die Neigung seyn, wenn $2s^2 < (n^2 - 4n + 1)\gamma^2 c^2$. Dafs beim Werthe $n = 3$ keines von beiden je statt finden kann, ist aus diesen Formeln evident.

flächner, mit über, und man sieht leicht die Anwendung, welche auf die besondere Erscheinung dieser Flächen am Dreiunddreikantner zu machen ist.

Die Seitenflächen der ersten sechsseitigen Säule erscheinen an ihm, wie in Fig. 7, zunächst als Abstumpfungen der Lateralecken (wie o, q, Fig. 3.), in welchen eine stumpfe und eine scharfe Endkante, nebst zwei Lateralkanten, einander gegenüberstehen. Mit denjenigen zwei Flächen, die wie $c'inr'$, $c'in'r''$ (Fig. 7.), in der schärferen Endkante $c'i$ des Dreiunddreikantners zusammenstofsen, bildet die Abstumpfungsfläche $inrn'$ den schärferen oder weniger stumpfen Winkel; mit den zwei, welche in der stumpfen Endkante cr unter sich zusammenstofsen, wie $crni'$, $crn'i''$, den stumpferen Winkel. In Bezug auf erstere beide ist sie die auf deren $\frac{2}{n+1}s$ senkrechte Seitenfläche, oder ihr $\boxed{\overline{a' : a'' : \infty a'''}^{\,\infty c}}$, in Bezug auf letztere beide, die auf deren $\frac{2}{2n-1}s$ senkrechte, oder ihr $\boxed{\overline{a'' : a''' : \infty a'}^{\,\infty c}}$. Daher haben wir

für die schärfere Neigung der Seitenfläche erster sechsseitiger Säule (als Abstumpfung der Lateralecke) gegen die Fläche des Dreiunddreikantners

$$\sin : \cos = \frac{2s}{n+1} : \frac{a\gamma c}{\sqrt{a^2 + (n-1)^2\gamma^2 c^2}} =$$
$$\sqrt{3}.\ \sqrt{a^2 + (n-1)^2 \gamma^2 c^2} : \gamma c\,(n+1)\ (1)$$

und für die stumpfere

$$\sin : \cos = \frac{2s}{2n-1} : \frac{a\gamma c}{\sqrt{a^2 + \gamma^2 c^2}} = \sqrt{3}.\ \sqrt{a^2 + \gamma^2 c^2} : \gamma c\,(2n-1)$$

Sehr leicht sieht man jetzt auch, welches die Flächen des Dreiunddreikantners sind, auf deren Neigung gegen die Seitenfläche erster sechsseitiger Säule die dritte der auf diese Neigungen sich beziehenden Formeln (vergl. §. 7.), nemlich

$$\sin : \cos = \frac{2s}{n-2} : \frac{a\gamma c}{\sqrt{a^2 + n^2\gamma^2 c^2}} = \sqrt{3}\,.\ \sqrt{a^2 + n^2 \gamma^2 c^2} : \gamma c\,(n-2)$$

---

(1) Daher wird z. B. für den gewöhnlichen Dreiunddreikantner beim Kalkspath, wo $n = 3$, und $\gamma = 1$, unter der Voraussetzung $s : c = 1 : 1$, diese Neigung die mit $\sin : \cos = \sqrt{3}\ .\ \sqrt{\frac{4}{3} + 2^2} : 4 = \sqrt{16} : 4 = 1 : 1$, der gesuchte Winkel also 135°.

pafst; es sind diejenigen, welche nicht zur Bildung derselben Lateralecke des Dreiunddreikantners gehören, deren Abstumpfung die gemeinte Seitenfläche ist, noch auch die parallelen sind von denen, welche diese Lateralecke bilden (wie wir überhaupt, da immer nur von Richtung der Flächen die Rede ist, der parallelen in der Regel nicht besonders gedenken); es sind also, in Bezug auf die Abstumpfungsfläche $inrn'$ (Fig. 7.), die Dreiunddreikantnerflächen $c'i'''n''r'$, $cr'''n''i'$, nebst ihren parallelen, jene einen stumpfen, diese den scharfen Winkel mit $inrn'$ bildend, unter dem angegebenen Verhältnifs des Sinus und Cosinus.

§. 16.

Was die Neigungen gegen die Seitenflächen zweiter sechsseitiger Säule betrifft, welche an dem symmetrisch gebildeten Körper als gerade Abstumpfungsflächen der Lateralkanten oq u. s. f. Fig. 3. erscheinen, so ist in der obigen Formel (§. 14) für die Neigung der Flächen in der Lateralkante schon die Neigung einer Fläche coq gegen die gerade Abstumpfung der Lateralkante oq, d. i. gegen die auf dem $\frac{a}{n}$ der Fläche senkrechte, durch ihr $\frac{2}{n-2}s$ und γc gelegte Ebne, unmittelbar mit ausgedrückt; die beiden übrigen sind die, welche die Fläche coq mit der Abstumpfungsfläche der Lateralkante oq' oder qo'' macht, von denen die erstere in einer stumpfen, die andere in einer scharfen Endkante, die Fläche coq berührt. Die erstere Neigung, die von coq gegen die gerade Abstumpfungsfläche von oq' (Fig. 3.) ist im allgemeinen betrachtet, die Neigung einer Fläche des Sechsundsechs- oder Dreiunddreikantners gegen die auf ihrem $\frac{a}{n-1}$ senkrechte Seitenfläche zweiter sechsseitiger Säule, also (vergl. §. 7.) deren

$$\sin : \cos = \frac{a}{n-1} : \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2+(n+1)^2\gamma^2c^2}} = \sqrt{4s^2+(n+1)^2\gamma^2c^2} : \gamma c\,(n-1)\sqrt{3}$$

dagegen die andere, d. i. die Neigung von coq gegen die gerade Abstumpfungsfläche von qo'' (Fig. 3.), ist die einer solchen Fläche gegen die auf ihrem a senkrechte Seitenfläche, also die, deren

$$\sin : \cos = a : \frac{2s\gamma c}{\sqrt{4s^2+(2n-1)^2\gamma^2c^2}} = \sqrt{4s^2+(2n-1)^2\gamma^2c^2} : \gamma c\sqrt{3}$$

§. 17.

Mit gröfster Leichtigkeit ist in unserm Zeichen das Gesetz der ebnen Winkel unmittelbar zu lesen, welche auf den Seitenflächen der ersten sechsseitigen Säule, durch das Schneiden mit den Dreiunddreikantnerflächen, gebildet werden.

Die Gestalt dieser Flächen, als Abstumpfungen der Lateralecken am Dreiunddreikantner, wird, wie bekannt, jenes symmetrische Trapezoïd $rnin'$ (Fig. 7.), dessen scharfer Winkel i, in der Reihe der auf einander folgenden Trapezoïde, um den Körper herum abwechselnd nach oben und nach unten gekehrt ist, der stumpfe r eben so, mit dem ersteren wechselnd.

Der halbe stumpfe Winkel, d. i. $n'ri$ oder nri, ist nun kein anderer als der, welchen die Linie von a nach γc mit der Axe macht, oder dessen

$$\sin : \cos = a : \gamma c,$$

weil die Seitenfläche der Säule, auf welcher er sich bildet, die auf dem $\frac{2}{2n-1}\,s$ der Fläche senkrechte ist, also parallel der durch das a und γc der Fläche gehenden Ebne.

Der halbe scharfe Winkel des symmetrischen Trapezoïds d. i. $n'ir$ oder nir, ist der, dessen

$$\sin : \cos = \frac{a}{n-1} : \gamma c \ (1)$$

da es die auf dem $\frac{2}{n+1}\,s$ der Fläche senkrechte, oder der durch ihr $\frac{a}{n-1}$ und γc gelegten Ebne parallele Seitenfläche ist, auf welcher er von der Dreiunddreikantnerfläche mit der der Axe parallelen Linie gebildet wird.

Dehnen sich die symmetrischen Trapezoïde, wie in Fig. 8, zu Seitenflächen der sechsseitigen Säule aus, welche sich in den Seitenkanten

---

(1) Beim gewöhnlichen Dreiunddreikantner des Kalkspaths ist deshalb unter der vorigen Voraussetzung der scharfe Winkel i des Trapezoïds $= 60°$, weil für seine Hälfte $\sin : \cos = \sqrt{\frac{1}{3}} : 1 = 1 : \sqrt{3}$; und für den halben stumpfen Winkel desselben, r, ist $\sin : \cos = \sqrt{\frac{4}{3}} : 1 = 2 : \sqrt{3} = 1 : \frac{\sqrt{3}}{2}$. Daher wird die Längendiagonale ri des Trapezoïds durch die Querdiagonale $n'n$ in Stücke getheilt, welche sich verhalten wie 2 : 1. Das Dreieck $n'in$ ist gleichseitig, und das gleichschenkliche $n'rn$ hat die halbe Höhe des ersteren, bei gleicher Grundlinie mit ihm.

schneiden, so sind die ebnen Winkel, welche die Dreiunddreikantnerfläche auf denselben mit den Seitenkanten bildet, die Complemente der halben stumpfen und halben scharfen Winkel des Trapezoïds zu 180°.

Von den drei Gröfsen unseres Zeichens, a, $\frac{a}{n}$ und $\frac{a}{n-1}$, sind es also die erste und dritte, oder die beiden gröfsesten, deren Verhältnifs zu γc die beiden vorigen Winkel giebt. Auch die kleinste, $\frac{a}{n}$, wird einen dritten ebnen Winkel bestimmen, dessen sin : cos $= \frac{a}{n} : \gamma c$, welcher auf der Seitenfläche der ersten sechsseitigen Säule an der Seitenkante sich bilden würde, wenn die Fläche des Dreiunddreikantners diejenige Seitenfläche erreichte, welche auf ihrem $\frac{2}{n-2}\, s$ senkrecht steht, (also eine Abstumpfung der Lateralecke ist, zu deren Bildung die erstere nicht gehört), wie wenn z. B. in Fig. 8. die Fläche $c\,i''\,n'\,r$ und die Seitenfläche $i'\,n\,m\,r'\,m''\,n''$ einander schnitten.

Mit gleicher Leichtigkeit ersieht man aus dem obigen, welche ebnen Winkel auf den Seitenflächen der zweiten Säule sich bilden, nicht allein, wenn durch die letzteren blos die Lateralkanten des Dreiunddreikantners abgestumpft erscheinen, sondern auch, wenn durch unsymmetrische Ausdehnung einer solchen Abstumpfungsfläche noch andere Flächen des Dreiunddreikantners von ihr geschnitten werden, als die, welche die abgestumpfte Lateralkante unter sich bilden. Dann sind es wieder die drei Gröfsen $\frac{2s}{n-2}$, $\frac{2s}{n+1}$, und $\frac{2\,s}{2n-1}$ unseres Zeichens, deren Verhältnifs zu γc die gesuchten Winkel giebt.

§. 18.

Die Werthe der Endkanten, so wie der Lateralkante des Dreiunddreikantners, in unsern Grundwerthen von a oder s und c ausgedrückt, finden sich mittelst der Fig. 9, und es ergiebt sich zugleich, wie grofs im Verhältnifs gegen die Axe des Dreiunddreikantners die Axe des in ihn eingeschlossenen Rhomboëders (Fig. 3.) ist. Es sey in Fig. 9. $AC = OC = \gamma c$, $BC = \frac{2s}{2n-1}$, $DC = \frac{2s}{n+1}$, so ist AB die Richtung der stumpfen Endkante, OD die der scharfen Endkante des Körpers, welche von dem entgegengesetzten Ende her der stumpfen entgegenkommt; da, wo die Verlängerung von AB die Richtung der scharfen Endkante DO schneidet, d. i. in F, bildet sich die Lateralecke des Körpers. Nun ist

$$DB = \frac{2s}{n+1} - \frac{2s}{2n-1} = \frac{2s\,(n-2)}{(n+1)\,(2n-1)},\ \text{also}$$

$$DB : BC = \frac{2s(n-2)}{(n+1)(2n-1)} : \frac{2s}{2n-1} = n-2 : n+1$$

und nach dem an einem anderen Orte entwickelten Lehrsatz (1) ist

$$AB : BF = DB . AC + BC . OA : CO . DB$$

(d. i. a. a. O. $v : w = na + m(a+b) : bn$).

oder da $OC = AC$, d. i. $a = b$

$$AB : BF = DB + 2 . BC : DB = n-2+2(n+1) : n-2 = 3n : n-2$$

$(v : w = n + 2m : n)$

folglich $BF = \frac{n-2}{3n} AB$;

und wenn FH parallel mit BC, oder senkrecht ist auf AO, so ist auch $AC : CH = AB : BF$, und $CH = \frac{n-2}{3n} AC = \frac{(n-2)\gamma c}{3n}$.

Aus der Betrachtung des Rhomboëders aber ist bekannt, dafs, wenn C der Mittelpunkt und F die Lateralecke desselben ist, $CH = \frac{1}{6}$ der Axe LK des Rhomboëders $FLF'K$. Wenn also HK gleich gemacht wird $2 \times CH$, und $CL = CK$, so sind L und K die Endpunkte der Axe des eingeschlossenen Rhomboëders, dessen Lateralecke in F, und dessen Mittelpunkt in C ist. Man hat also $CK = LC = 3 . CH = \frac{(n-2)\gamma c}{n}$. Es verhält sich also die Axe AO des Dreiunddreikantners zur Axe LK des eingeschlossenen Rhomboëders, oder ihre Hälften

$$AC : LC = \gamma c : \frac{(n-2)\gamma c}{n} = n : n-2.$$

§. 19.

Nun haben wir ferner in Fig. 9. AF als die stumpfe Endkante des Dreiunddreikantners, FO als die scharfe Endkante desselben, FK aber als die Endkante des eingeschlossenen Rhomboëders = seiner Lateralkante = der mit derselben coïncidirenden Lateralkante des Dreiunddreikantners selbst.

Es ist aber fürs erste

$$AB = \sqrt{\left(\frac{2s}{2n-1}\right)^2 + \gamma^2 c^2} = \frac{\sqrt{4s^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2}}{2n-1} \text{ und}$$

$$AF : AB = AB + BF : AB = 3n + n - 2 : 3n = 4n - 2 : 3n = 2(2n-1) : 3n$$

Also die stumpfe Endkante

$$AF = \frac{2(2n-1)}{3n} AB = \frac{2\sqrt{4s^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2}}{3n}$$

---

(1) S. den Band dieser Schriften für 1818 und 1819. S. 278. Note.

Ferner ist

$$DO = \sqrt{\left(\frac{2s}{n+1}\right)^2 + \gamma^2 c^2} = \frac{\sqrt{4s^2 + (n+1)^2 \gamma^2 c^2}}{n+1} \text{ und}$$

$$FO : DO = HO : CO = \left(1 - \frac{n-2}{3n}\right)\gamma c : \gamma c = \frac{2n+2}{3n} : 1 = 2(n+1) : 3n$$

folglich FO, d. i. die scharfe Endkante

$$= \frac{2(n+1)}{3n} \times DO = \frac{2(n+1)}{3n} \cdot \frac{\sqrt{4s^2 + (n+1)^2 \gamma^2 c^2}}{n+1} = \frac{2\sqrt{4s^2 + (n+1)^2 \gamma^2 c^2}}{3n}$$

Endlich die Lateralkante $= FK = \sqrt{(FH)^2 + (HK)^2}$

Aber $FH : DC = HO : CO = 2(n+1) : 3n$

also $FH = \frac{2(n+1)}{3n} DC = \frac{2(n+1)}{3n} \cdot \frac{2s}{n+1} = \frac{4s}{3n}$

und $HK = 2HC = \frac{2(n-2)\gamma c}{3n}$

mithin $FK = \frac{2\sqrt{4s^2 + (n-2)^2 \gamma^2 c^2}}{3n}$

Es verhalten sich also die drei Seiten des Dreiecks der Fläche des Dreiunddreikantners, d. i.

die stumpfe Endkante : scharfe Endkante : Lateralkante

$$= \frac{2\sqrt{4s^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2}}{3n} : \frac{2\sqrt{4s^2 + (n+1)^2 \gamma^2 c^2}}{3n} : \frac{2\sqrt{4s^2 + (n-2)^2 \gamma^2 c^2}}{3n}$$

$$= \sqrt{4s^2 + (2n-1)^2 \gamma^2 c^2} : \sqrt{4s^2 + (n+1)^2 \gamma^2 c^2} : \sqrt{4s^2 + (n-2)^2 \gamma^2 c^2}$$

Man sieht hieraus, dafs die sich verändernden Gröfsen in den drei Ausdrücken eben jene Divisoren in unseren Zeichen der Fläche sind, welche denjenigen Gliedern desselben angehören, in welchen die Sinus der Neigungen der nemlichen Kanten gegen die Axe γc ausgedrückt sind (1).

Unnöthig ist es zu wiederholen, dafs immerfort in jenen Ausdrücken statt $4s^2$ substituirt werden kann $3a^2$.

---

(1) Beiläufig sieht man wieder für das Beispiel des gewöhnlichen Dreiunddreikantners beim Kalkspath, welches an geometrisch überraschenden Eigenschaften so reich ist, unter den bekannten Voraussetzungen, dafs seine scharfe Endkante doppelt so grofs ist, als seine Lateralkante, da $\sqrt{4+16} : \sqrt{4+1} = \sqrt{20} : \sqrt{5} = 2 : 1$.

§. 20.

Suchen wir aus dem gefundenen Verhältnifs der Seiten des Dreiecks *coq* (Fig. 3.) die allgemeinen Formeln für die ebnen Winkel der Fläche des Dreiunddreikantners, so ist das Resultat, welches ich hier nicht im Detail zu entwickeln für nöthig halte, dieses:

Für den ebnen Endspitzenwinkel *ocq* des Dreiunddreikantners (Fig. 3.) ist

$$\sin : \cos : \text{rad} = s\sqrt{12}\sqrt{s^2 + (n^2 - n + 1)\gamma^2 c^2} : 2s^2 + (2n-1)(n+1)\gamma^2 c^2 : \sqrt{4s^2 + (n+1)^2\gamma^2 c^2}.\sqrt{4s^2 + (2n-1)^2\gamma^2 c^2}$$

für den stumpfen Lateralwinkel *cqo* (Fig. 3.)

$$\sin : \cos : \text{rad} = s\sqrt{12}.\sqrt{s^2 + (n^2 - n + 1)\gamma^2 c^2} : (n+1)(n-2)\gamma^2 c^2 - 2s^2 : \sqrt{4s^2 + (n+1)^2\gamma^2 c^2}.\sqrt{4s^2 + (n-2)^2\gamma^2 c^2}$$

und für den scharfen Lateralwinkel *coq*

$$\sin : \cos : \text{rad} = s\sqrt{12}.\sqrt{s^2 + (n^2 - n + 1)\gamma^2 c^2} : 2s^2 + (2n-1)(n-2)\gamma^2 c^2 : \sqrt{4s^2 + (2n-1)^2\gamma^2 c^2}.\sqrt{4s^2 + (n-2)^2\gamma^2 c^2}$$

Man sieht wiederum nicht ohne Interesse, dafs, während der Sinus constant und der Radius das Produkt der den Winkel einschliefsenden Seiten des Dreiecks ist, die Gröfse, welche im Cosinus variirt, wieder das Produkt der nemlichen Divisoren unsers Zeichens ist, welche im Ausdruck der einschliefsenden Seiten des Winkels mit enthalten sind.

Aufserdem ist klar, dafs in dem Ausdruck des Sinus für $s\sqrt{12}$ gesetzt werden kann $3a$.

Des Ausdrucks stumpfer Lateralwinkel im Gegensatze des scharfen haben wir uns übrigens hier, wie bei den zweierlei Endkanten, nur der Kürze halber bedient für den, welcher von der schärferen oder kürzeren Endkante *cq* und der Lateralkante *oq* eingeschlossen wird, während der scharfe Lateralwinkel *coq* von der stumpferen oder längeren Endkante *co* und der Lateralkante *oq* gebildet wird. Immer ist jener der stumpfere von beiden, wenn er auch unter 90°, oder 90° selbst wäre. Letzteres wird, wie man sieht, der Fall seyn, wenn $(n+1)(n-2)\gamma^2 c^2 = 2s^2$, also ein Fall, der selbst beim Kalkspath vorkommen kann, wie schon Haüy ihn bemerkt hat an dem Dodekaëder seiner Fläche $\overset{4}{D}$, bei welcher unser $n = 5$ und $\gamma = \frac{1}{3}$; oder z. B. beim

Rhomboëder des Granatoëders (wo die Neigung in den Endkanten $= 120°$, und $s : c = \sqrt{2} : 1$) für die analoge Fläche der gewöhnlichen beim Kalkspath, d. i. für die Fläche $\left[\,a : \tfrac{1}{2}\overset{c}{a} : \tfrac{1}{2}a\,\right]$; ja für jeden Werth von n und γ in Verbindung unter einander genommen, giebt es, wie man leicht sieht, ein gewisses Verhältnifs von $s : c$, welches der Bedingung entspricht, dafs der stumpfere ebne Lateralwinkel der Fläche des Dreiunddreikantners ein Rechter wird.

§. 21.

Der Querschnitt auf der Axe des Dreiunddreikantners ist gleich dem seines Sechsundsechskantners (Fig. 5.), wenn er durch den Mittelpunkt des Körpers, folglich durch die Mitten der Lateralkanten oq, oq' u. s. f. (Fig. 3.) gelegt wird. Wird er durch die Lateralecken q, q', q'', oder o, o', o'' gelegt, oder fällt er zwischen dieselben und die Endspitze c oder c', so wird er ein drei- und- drei-winkliches Sechseck (Fig. 10.), dessen abwechselnd stumpfere Winkel o, o', o'', denen o, o' der Fig. 5. gleich sind. Für die schärferen Winkel i, i', i'' (Fig. 10.), welche durch die Verlängerung der abwechselnden Paare on, on' des Zwölfecks (Fig. 5.) über ihre angrenzenden hinaus entstehen, ergiebt sich aus Fig. 1., deren Linie Ci in der Richtung zusammenfällt mit einer Linie Ci (Fig. 10.), dafs für die Hälfte derselben, d. i. für den Winkel oiC (Fig. 10. und 1.) sich verhält

$$\sin : \cos = Cm : Ci \text{ (Fig. 1.)} = \frac{a}{n-1} = \frac{2s}{n+1} = n+1 : (n-1)\sqrt{3}$$

folglich (vergl. §. 4.) verhalten sich die Tangenten der Winkel oiC und ioC (Fig. 10.) wie $\frac{n+1}{n-1}$ zu $2n-1$; die zweierlei Halbmesser oC, iC aber wie

$$\frac{2s}{2n-1} : \frac{2s}{n+1} = n+1 : 2n-1$$

§. 22.

Bekanntlich fand Haüy an dem gewöhnlichen Dreiunddreikantner (Fig. 3.) des Kalkspathes (unter der einfachen Voraussetzung, welche wir ausdrücken mit $s = c$) die zwei merkwürdigen Eigenschaften, auf welche der von ihm für diesen Körper gewählte Name *métastatique* sehr glücklich anspielt: dafs nemlich sein stumpfer ebner Winkel gleich ist

dem ebnen Endspitzenwinkel des Hauptrhomboëders (welches hier das eingeschlossene zugleich ist), und dafs die Neigung seiner Flächen gegen einander in der scharfen Endkante gleich ist der Neigung der Flächen des Hauptrhomboëders (hier also auch des eingeschlossenen) in der Endkante desselben. Man könnte sonach die Eigenschaft der Metastasirung, um sie in einer allgemeinen Formel auszudrücken, nicht allein in einem doppelten, sondern sogar in einem vierfachen Sinn nehmen, je nachdem nicht allein das einemal die Gleichheit der ebnen, das andremal der Neigungswinkel angedeutet werden solle, sondern jedes wiederum entweder in Beziehung auf das eingeschlossene, oder in Beziehung auf das Hauptrhomboëder des Systems. Natürlich giebt die eine oder die andere von diesen beiden letzteren Voraussetzungen ganz verschiedene Gleichungen.

Haüy hat in seinem, wenige Monate vor seinem Tode erschienenen *Traité de Cristallographie, T. I. p.* 328. auf eine sehr elegante Weise gezeigt, dafs, wenn die Vergleichung dem eingeschlossenen Rhomboëder gilt, beide Eigenschaften jederzeit verbunden seyn müssen. Ich fand dies Resultat, indem mich die Gleichheit jener ebnen Winkel sowohl als jener Neigungswinkel am Dreiunddreikantner mit denen an seinem eingeschlossenen Rhomboëder auf dieselbe Gleichung führte, nemlich auf diese:

$$(n-2)^2\,\gamma^2\,c^2 = \left(2-\frac{3}{n}\right)s^2, \text{ oder } s : c = \gamma\,(n-2) : \sqrt{2-\frac{3}{n}}$$

Ist aber das eingeschlossene Rhomboëder zugleich das Hauptrhomboëder — und dies ist die Haüy'sche Voraussetzung — so ist $\gamma = \frac{1}{n-2}$, also reducirt sich die Gleichung auf diese, $c^2 = \left(2-\frac{3}{n}\right)s^2$; woraus sich ergiebt $n = \frac{3s^2}{2s^2-c^2}$.

§. 23.

Die Theorie der einzelnen Flächen eines Systems beruht auf der Bestimmung der Zonen, in welche die zu bestimmende Fläche gehört. Eine Zone aber ist bestimmt durch zwei gekannte Ebnen des Systems; die Linie, in welcher zwei Ebnen sich schneiden, ist die Axe einer Zone; alle Ebnen, welche einer solchen Axe parallel sind, gehören in die Zone, von welcher die Rede ist; alle, welche es nicht sind, nicht. Eine zu

bestimmende Fläche des Systems ist deducirt, wenn von zwei Zonen, deren Axen durch früher gekannte Ebnen des Systems bekannt sind, gezeigt wird, dafs die Fläche ihnen beiden angehört. So wie eine Ebne bestimmt ist, wenn zwei Linien in ihr bekannt sind, so liegen in der zu bestimmenden Krystallfläche die Axen aller der Zonen, welchen sie angehört, und sie ist somit durch zwei derselben bestimmt.

§. 24.

Unser Zeichen der Sechsundsechskantner- oder Dreiunddreikantnerflächen giebt unmittelbar sieben Linien an, welche der Fläche zukommen: drei von jedem der drei a nach dem Endpunkt (1) von γc, drei von jedem der drei s wiederum nach γc gezogen, die siebente in der durch die sämmtlichen a und s gelegten Horizontalebne. Es ist also, wenn von Bestimmung einer neuen Fläche die Rede ist, zu erwarten, dafs unter diesen sieben Linien mindestens zwei seyn werden, welche dem Durchschnitt je zweier schon gekannter Ebnen des Systems parallel sind, folglich als die Axen schon bekannter Zonen angesehen werden können; und mehr bedarf es zu der Deduction der neuen Krystallfläche nicht. Erst in dem ungewöhnlichen Fall, wenn uns diese sieben Linien nicht zwei in der Art gekannte darbieten sollten, würden wir genöthigt seyn, weitere Hülfsmittel zur genügenden Deduction der neuen Fläche aufzusuchen, als sie unser Zeichen unmittelbar darbietet; und auch in diesem Falle würde es uns nicht ohne eigenthümliche Hülfsmittel lassen. Vorläufig möchte es aber gegen die Richtigkeit einer Annahme der Fläche, wie sie etwa aus einer Messung hervorgegangen schiene, bedenklich und vorsichtig machen, und die gesuchte Fläche würde sich schon weit von der Einfachheit des Zusammenhanges der Theile eines Systems entfernen, wenn jene sieben Linien den Grund einer genügenden Deduction der Fläche durch Zurückweisung auf früher gekannte Glieder des Systems, nicht enthalten sollten. Hingegen bietet der Begriff einer Fläche, wie z. B. viele der Bournon'schen Kalkspathflächen

---

(1) Das Wort Endpunkt gebrauchen wir hier immer kürzer für den äufseren Endpunkt einer Dimensionslinie; der innere, oder ihr Ausgangspunkt, ist der gemeinschaftliche Mittelpunkt der Construktion C (Fig. 1.).

sind, in unser Zeichen übersetzt, viele der natürlichsten Vergleichungspunkte dar, welche bei der Kritik über die Richtigkeit einer gemachten Bestimmung zu beachten sind. Aus irgend einem Begriff der Fläche aber das Verhältnifs ihrer *a* und *s* zum *c*, d.i. unser Zeichen derselben zu finden, gehört zu den einfachsten, keiner besonderen Erörterung bedürftigen Aufgaben.

§. 25.

Sonach kann unser Zeichen zugleich als Prüfstein mancher angeblichen Bestimmungen dienen. Um dies einleuchtend zu machen, wird es hinreichend seyn, einige der Bournon'schen am Kalkspath beschriebenen Flächen, z.B. die von ihm mit no. 44, 45 und 46. bezeichneten, in die Sprache unseres Zeichens zu übersetzen (1). Es ist Bournon's

$$\text{no. 44.} = \overset{\frac{75}{68}c}{\boxed{\begin{matrix} a' : \frac{75}{197} a' : \frac{75}{122} a' \\ \frac{75}{136} s' : \frac{150}{319} s' : \frac{150}{47} s' \end{matrix}}} = \overset{\frac{1}{68}c}{\boxed{\begin{matrix} \frac{1}{75} a' : \frac{1}{197} a' : \frac{1}{122} a' \\ \frac{1}{136} s : \frac{2}{319} s' : \frac{2}{47} s' \end{matrix}}}$$

$$\text{no. 45.} = \overset{\frac{119}{144}c}{\boxed{\begin{matrix} a' : \frac{119}{361} a' : \frac{119}{242} a' \\ \frac{119}{240} s' : \frac{238}{603} s' : \frac{238}{123} s' \end{matrix}}} = \overset{\frac{1}{144}c}{\boxed{\begin{matrix} \frac{1}{119} a' : \frac{1}{361} a' : \frac{1}{242} a' \\ \frac{1}{240} s' : \frac{2}{603} s' : \frac{2}{123} s' \end{matrix}}}$$

$$\text{no. 46.} = \overset{\frac{89}{143}c}{\boxed{\begin{matrix} a' : \frac{89}{428} a' : \frac{89}{339} a' \\ \frac{178}{517} s' : \frac{178}{767} s' : \frac{89}{125} s' \end{matrix}}} = \overset{\frac{1}{143}c}{\boxed{\begin{matrix} \frac{1}{89} a' : \frac{1}{428} a' : \frac{1}{339} a' \\ \frac{2}{517} s' : \frac{2}{767} s' : \frac{1}{125} s' \end{matrix}}}$$

Man sieht wohl ohne weiteres, wie diese Bestimmungen die Probe unseres Zeichens nicht aushalten dürften, und wird bald darauf geführt, wenigstens wahrscheinlichere Werthe an die Stelle der Bournon'schen zu setzen. So hat Haüy es für zuläfsig gehalten (2), dem Bournon'schen no. 44. eine Fläche zu substituiren, deren Zeichen nach unserer Methode seyn würde

$$\overset{\frac{5}{6}c}{\boxed{\begin{matrix} a' : \frac{5}{13} a' : \frac{5}{8} a' \\ \frac{5}{9} s' : \frac{10}{21} s' : \frac{10}{3} s' \end{matrix}}} = \overset{\frac{1}{6}c}{\boxed{\begin{matrix} \frac{1}{5} a' : \frac{1}{13} a' : \frac{1}{8} a' \\ \frac{1}{9} s' : \frac{2}{21} s' : \frac{2}{3} s' \end{matrix}}}$$

---

(1) Man vergleiche die angehängte Tafel I. am Ende.

(2) *Ann. du Mus. d'hist. nat. t. XVIII. p.* 190.

also das eingeschlossene Rhomboëder das erste stumpfere (für die Neigung seiner Kante gegen die Axe, sin : cos $= \frac{2}{3}s : \frac{1}{6}c = 4s : c$). Er schreibt indeſs diese Fläche (die am ersten stumpferen Rhomboëder dem Haüy'schen Ausdruck $\overset{\frac{8}{5}}{D}$ entspricht) am Hauptrhomboëder irrig ($\frac{8}{15}E\,\frac{8}{15}B^3D^5$); sie sollte in seinem Sinne geschrieben seyn ($\frac{8}{5}E\frac{8}{5}B^3D^5$); denn es ist gemeint die Fläche, deren unzweideutiger Ausdruck, welchen Haüy in dem *Traité de Cristallographie* jetzt zwar aufgenommen (1), aber den technischen zu nennen für angemessen gefunden hat, folgender ist: (E, $1D$, $\frac{3}{5}B$, $\frac{3}{8}D$). Haüy irrt in gleicher Art, wenn er die Fläche, wie sie von Bournon als sein no. 44. bestimmt worden ist, mit dem Decrescenzzeichen ($\frac{8}{231}E\,\frac{8}{231}D^{77}\,B^{45}$) auszudrücken glaubt, da es heiſsen müſste $\frac{120}{77}$ statt $\frac{8}{231} = \frac{120}{77.45}$, entsprechend dem unzweideutigen Ausdruck (E, $1D$, $\frac{45}{77}B$, $\frac{3}{8}D$), welches gemeint ist.

Von dem Bournon'schen no. 45. hat Haüy gezeigt (2), daſs es offenbar identisch zu nehmen sei mit der Fläche, welche er bei seiner *var. identique* beobachtet und mit b bezeichnet hat. Dies ist unser

$$\begin{array}{|c|}\hline \frac{4}{5}c \\ a' : \frac{1}{3}a' : \frac{1}{2}a' \\ \frac{1}{2}s' : \frac{2}{5}s' : 2s' \\ \hline\end{array}$$

Wir lesen in diesem Zeichen leicht, daſs die stumpfere Endkante dieses Dreiunddreikantners läuft wie die Diagonale der Fläche des ersten schärferen Rhomboëders; denn $\frac{2}{5}s : \frac{4}{5}c = s : 2c$, und die Accente zeigen, daſs die Abstumpfungsfläche der stumpferen Endkanten, so wie das eingeschlossene Rhomboëder, einem Rhomboëder zweiter Ordnung angehört. Auch das eingeschlossene Rhomboëder selbst (in dessen Kantenzone folglich die geschriebene Fläche gehört), ist ein bekanntes, das Haüy'sche l; ferner werden die schärferen Endkanten des geschriebenen Dreiunddreikantners abgestumpft durch das erste schärfere Rhomboëder vom eingeschlossenen; endlich zeigt schon der erste Blick, daſs die geschriebene Fläche eine Horizontallinie gemein hat mit der des be-

(1) Vgl. den Band dieser Schriften für 1816 und 17. S. 292 u. ffg.

(2) *Ann. du Mus. d'hist. nat. t. XVIII. p.* 182; vgl. die zweite Ausgabe des *Traité de Minéralogie t. II. p.* 337.

kannten gewöhnlichen Dreiunddreikantners $\boxed{\overset{c}{a : \tfrac{1}{3} a : \tfrac{1}{2} a}}$, oder, wie noch mehrere andere bekannte, in die vertikale Zone dieses Dreiunddreikantners gehört. Zwei von diesen vier leicht gelesenen Eigenschaften der geschriebenen Fläche reichen hin zu ihrer genügenden Deduktion im Systeme; die erste und die letzte der erwähnten machen sich als die wichtigsten bemerklich. Man kann hinzufügen, dafs diese Fläche zu dem Haüy'schen Rhomboëder $l = \boxed{\overset{\frac{4}{5} c}{a' : a' : \infty a}}$ sich genau so verhält, wie die gewöhnliche $\boxed{\overset{c}{a : \tfrac{1}{3} a : \tfrac{1}{2} a}}$ zum Hauptrhomboëder $\boxed{\overset{c}{a : a : \infty a}}$.

Es ist abermals ein Irrthum der vorigen Art, wenn Haüy sagt, Bournon's Angaben führten auf das entsprechende Decrescenzgesetz $(\frac{208}{13617} E \frac{208}{13617} D^{153} B^{89})$, da es heifsen sollte $\frac{208}{153}$ statt $\frac{208}{13617} = \frac{208}{153 \cdot 89}$. Die unzweideutige Bezeichnung für die gemeinte Fläche nemlich wäre $(E, 1D, \frac{89}{153} B, \frac{89}{208} D)$.

Für die Bournon'sche Fläche no. 46. aber bietet sich als natürlichste Vergleichung dar eine Fläche

$$\boxed{\overset{\frac{2}{3} c}{\begin{matrix} a' : \frac{1}{5} a' : \frac{1}{4} a' \\ \frac{1}{3} s' : \frac{2}{9} s' : \frac{2}{3} s' \end{matrix}}}$$

Das eingeschlossene Rhomboëder dieses Dreiunddreikantners wäre das erste schärfere $= \boxed{\overset{2c}{a' : a' : \infty a}}$, Haüy's f; oder wie wir uns auch ausdrücken, die Fläche würde gehören in die Diagonalzone des Hauptrhomboëders, welche identisch ist mit der Kantenzone des ersten schärferen. Die scharfe Endkante des geschriebenen Dreiunddreikantners würde abgestumpft werden durch die Fläche des Gegenrhomboëders vom ersten schärferen, d.i. von $\boxed{\overset{2c}{a : a : \infty c}}$, einem Rhomboëder erster Ordnung. Die Abstumpfungsfläche der stumpfen Endkante würde einem Rhomboëder $\boxed{\overset{3c}{a' : a' : \infty a}}$ angehören, welches, wenn gleich am Kalkspath nicht beobachtet (1), wenigstens den sechsgliedrigen Systemen gar nicht fremd ist, einem Rhomboëder nemlich mit dreifachem Cosinus der Neigung seiner Fläche gegen die Axe (bei gleichem Sinus mit dem Haupt-

---

(1) Allerdings hat Bournon ein Rhomboëder, sein no. 20., dessen Ausdruck $\boxed{\overset{\frac{25}{8} c}{a' : a' : \infty a}}$, also sehr wahrscheinlich in $\boxed{\overset{3c}{a' : a' : \infty a}}$ zu berichtigen seyn möchte.

rhomboëder) und zwar einem Rhomboëder zweiter Ordnung. Dieses Rhomboëder wäre folglich das Gegenrhomboëder vom ersten schärferen jenes würfelähnlichen, des Haüy'schen *cuboïde* $= \overset{\frac{3}{2}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$. Die Horizontallinie $(a' ; \frac{1}{5} a' ; \ldots)$ aber hätte die geschriebene Fläche mit mehreren bekannten Flächen gemein, und unter ihnen eine besonders nahe Beziehung zu der Haüy'schen Fläche (1) $\nu = E \frac{3}{2} \frac{3}{2} E$

$$= \overset{\frac{1}{3}c}{\boxed{\begin{array}{l} a' : \frac{1}{5} a' : \frac{1}{4} a' \\ \quad \frac{1}{3} s' : \frac{2}{9} s' : \frac{2}{3} s' \end{array}}};$$

sie hätte, verglichen mit letzterer, für ihre Neigung gegen die Axe, bei gleichem Sinus offenbar den doppelten Cosinus.

§. 26.

Die Gesetze und Ausdrücke von Flächen der Sechsundsechskantner, wie man sie bei den sechsgliedrigen Systemen, insbesondere des Quarzes, Berills und Apatites kennt, sind überaus einfach. Es sind bis jetzt keine andern beobachtet worden, als solche, welche in die Kantenzone des Dihexaëders gehören, d. i. der Endkante des herrschenden Dihexaëders parallel sind; ja, mit sehr geringer Ausnahme sind sie alle aus der Lateral-Hälfte, nicht aus der Terminal-Hälfte dieser Zone, und in folgender Reihe enthalten, welche, wenn wir sie mit der Dihexaëderfläche selbst und mit der Rhombenfläche beginnen, welche letztere in zwei solche Kantenzonen gemeinschaftlich gehört, und deshalb statt eines Sechsundsechskantners ein Dihexaëder (zweiter Ordnung) durch das Zusammenfallen je zweier Sechsundsechskantnerflächen in eine giebt, das gröſseste Gepräge von Einfachheit erhält.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
$\overset{c}{\boxed{\begin{array}{l} a : a : \infty a \\ 2s : s : 2s \end{array}}}$	$\overset{c}{\boxed{\begin{array}{l} a : \frac{1}{2} a : a \\ \frac{2}{3} s : \frac{2}{3} s : \infty s \end{array}}}$	$\overset{c}{\boxed{\begin{array}{l} a : \frac{1}{3} a : \frac{1}{2} a \\ \frac{1}{2} s : \frac{2}{5} s : 2s \end{array}}}$	$\overset{c}{\boxed{\begin{array}{l} a : \frac{1}{4} a : \frac{1}{3} a \\ \frac{2}{5} s : \frac{2}{7} s : s \end{array}}}$	$\overset{c}{\boxed{\begin{array}{l} a : \frac{1}{5} a : \frac{1}{4} a \\ \frac{1}{3} s : \frac{2}{9} s : \frac{2}{3} s \end{array}}}$	$\overset{c}{\boxed{\begin{array}{l} a : \frac{1}{6} a : \frac{1}{5} a \\ \frac{2}{7} s : \frac{2}{11} s : \frac{1}{2} s \end{array}}}$

Es ist, wie man sieht, die Reihe, wo unser n die Werthe durchgeht 1, 2, 3, 4, 5, 6, während immer $\gamma = 1$. Daſs Verhältniſs $a : c$ kehrt

(1) *Tr. de Minér.* 2. *éd. t. I. p.* 302 und 349.

in allen Zeichen wieder, in beiden ersten zweimal, und drückt eben so oft eine Kante des Haupt-Dihexaëders aus, welcher jede der bezeichneten Flächen parallel ist; die beiden ersten sind es zweien, deren Lage gegen einander dem Auge sogar im Zeichen versinnlicht ist. Nimmt man in jedem Zeichen das Glied, welches auf den $1a$ und $1c$ gemeinschaftlich senkrecht ist, so hat man folgende Reihe derselben:

$$2s, \frac{2}{3}s, \frac{2}{5}s, \frac{2}{7}s, \frac{2}{9}s, \frac{2}{11}s.$$

In den Richtungen dieser Linien liegen die Sinus der Neigungen aller dieser Flächen gegen eine durch das $1a$ und $1c$ gelegte Ebne, d. i. gegen den Aufrifs der Kantenzone des Dihexaëders; zum Cosinus haben sie alle eine und dieselbe Linie, das Perpendikel in dem rechtwinklichen Dreieck, dessen Katheten das $1a$ und $1c$, aus dem rechten Winkel auf die Hypothenuse gefällt; folglich sind ihre Sinus, bei gleichen Cosinus $= \frac{ac}{\sqrt{a^2+c^2}}$, im Verhältnifs $2 : \frac{2}{3} : \frac{2}{5} : \frac{2}{7} : \frac{2}{9} : \frac{2}{11} = 1 : \frac{1}{3} : \frac{1}{5} : \frac{1}{7} : \frac{1}{9} : \frac{1}{11}$. Umgekehrt also, wenn man ihnen gleichen Sinus gäbe, so würden ihre Cosinus seyn im Verhältnifs 1, 3, 5, 7, 9, 11.

Darum nennen wir sie kurz die Flächen mit (einfachem), dreifachem, fünf-, sieben-, neun-, eilffachem Cosinus (bei gleichen Sinus) aus der Kantenzone des Dihexaëders.

Jedes spätere Zeichen enthält den Ausdruck von wenigstens zwei Linien in sich, die, anders combinirt, in den vorhergehenden vorkommen; es sind dies Linien, die allemal verschiedenen Flächen eines und desselben Sechsundsechskantners gemeinschaftlich zukommen, also wirklich als Axen von Zonen angesehen werden können, welche von einer dieser Flächen nach jener andern gehen, und, ohne alle Nebenbetrachtungen, schon an den Sechsundsechskantnern selbst construirt werden können. Man übersieht hieraus schon den Reichthum, der für die Bestimmbarkeit folgender oder secundärerer Glieder des Systems nur in der Erwägung der Verhältnisse liegt, welche unser Zeichen unmittelbar ausdrückt. Aber auch ohne dafs eins der späteren von den obigen sechs Gliedern des Systems die ganze Reihe der vorhergehenden voraussetzt, giebt selbst die isolirtere Betrachtung eines jeden directere Nachweisungen, in welchen Zonen vorzugsweise die Begründung eines jeden zu suchen ist.

So ist es für no. 3., aufser der Linie von a nach c, nicht allein die von $\frac{1}{2}a$ nach c gezogene, als die Endkante eines Dihexaëders $\boxed{\tfrac{1}{2}a : \overset{c}{\tfrac{1}{2}a} : \infty a}$ $= \boxed{a : \overset{2c}{a} : \infty a}$, d. i. des mit doppeltem Cosinus aus der vertikalen Zone des Haupt-Dihexaëders $\boxed{a : \overset{c}{a} : \infty a}$; sondern auch die Linie von $\frac{1}{2}s$ nach c, d. i. die Längendiagonale des nemlichen Dihexaëders $\boxed{a : \overset{2c}{a} : \infty a}$, so wie seines Rhomboëders, d. i. des ersten schärferen von $\boxed{a : \overset{c}{a} : \infty a}$; und ganz besonders die Linie von $2s$ nach c, d. i. die Endkante des Hauptrhomboëders $\boxed{a : \overset{c}{a} : \infty a}$, wie denn diese Linie auch zweimal in der Fläche no. 1. schon enthalten ist. Daher wir uns für die Fläche no. 3. im rhomboëdrischen System (mit Zurückstellung ihrer Verhältnisse im sechsgliedrigen Systeme) des Ausdrucks bedienen: sie ist die Fläche aus der Kantenzone des Hauptrhomboëders und aus der Diagonalzone des ersten schärferen.

No. 4. bietet uns zur Deduction, wie z. B. in dem Systeme des Quarzes, mit Übergehung von no. 3, am treffendsten die Linie dar von s nach c, d. i. die Längendiagonale des Haupt-Dihexaëders $\boxed{a : \overset{c}{a} : \infty a}$; die Fläche no. 4. also ist höchst einfach bestimmt durch eine dihexaëdrische Kantenzone von $\boxed{a^{\cdot} : \overset{c}{a^{\cdot\cdot}} : \infty a^{\cdot\cdot\cdot}}$ und eine Diagonalzone von $\boxed{a^{\cdot\cdot\cdot} : \overset{c}{a^{\cdot\prime}} : \infty a^{\cdot\cdot}}$.

Auf ähnliche Weise bietet no. 6. die Linie dar von $\frac{1}{2}s$ nach c, d. i. die Längendiagonale von $\boxed{a : \overset{2c}{a} : \infty a}$; die Fläche no. 6. also wird bestimmt durch die vorige Kantenzone von $\boxed{a^{\cdot} : \overset{c}{a^{\cdot\cdot}} : \infty a^{\cdot\cdot\cdot}}$ und die Diagonalzone von $\boxed{a^{\cdot\cdot\cdot} : \overset{2c}{a^{\cdot\prime}} : \infty a^{\cdot\cdot}}$.

Für no. 5. aber giebt eine ähnliche Function nicht allein die Linie von $\frac{2}{3}s$ nach c, welche man in no. 2. zweimal wiederfindet, und welche die Endkante eines Dihexaëders $\boxed{a : \overset{c}{\tfrac{1}{2}a} : a}$, unserer Rhombenfläche, bezeichnet; sondern auch die Linie von $\frac{1}{3}s$ nach c, d. i. die Längendiagonale einer Fläche (wie sie auch beim Quarz besonders gern vorkommt) $\boxed{a : \overset{3c}{a} : \infty a}$, welche gegen die Rhombenfläche $\boxed{a : \overset{c}{\tfrac{1}{2}a} : a}$ sich genau so verhält, wie diese zum Haupt-Dihexaëder $\boxed{a : \overset{c}{a} : \infty a}$, übrigens in der vertikalen Zone dieses letzteren die Fläche mit dreifachem Cosinus ist (vergl. oben, S. 250).

§. 27.

Es kann nicht das Geschäft dieser Abhandlung seyn, wie schon die Details der beiden letzten §§. beweisen, eine vollständige Deduction

der Krystallflächen einzelner sechsgliedriger oder dreiunddreigliedriger Systeme versuchen zu wollen, wie viel auch der Verfolg des Gebrauchs unserer Zeichen hiezu Aufforderung enthalten möchte. Allein eine kurze Übersicht des Mannichfaltigen darin zu unterscheidenden möchte, in Bezug auf die Dreiunddreikantner des Kalkspathes, mit Rücksicht auf die vielen von Haüy, Bournon u. A. gegebenen Bestimmungen derselben, hier doch noch seine schickliche Stelle finden.

Unser Zeichen unterscheidet zuvörderst die nothwendig zu unterscheidenden zwei Klassen von Dreiunddreikantnern, die erste, deren eingeschlossenes Rhomboëder erster Ordnung, die zweite, deren eingeschlossenes Rhomboëder zweiter Ordnung ist (1); eben so wie die zwei Ordnungen der Rhomboëder selbst; die erste durch Gleichnamigkeit, die andere durch Ungleichnamigkeit in Bezug auf Accente an den Buchstaben *a* und *s* mit dem Buchstaben *c*. Sind die übrigen Verhältnisse gleich, so werden durch Zeichen wie $\boxed{a : \tfrac{1}{3}\overset{c}{a} : \tfrac{1}{2} a}$ und $\boxed{a' : \tfrac{1}{3}\overset{c}{a'} : \tfrac{1}{2} a'}$ die Flächen von Dreiunddreikantnern unterschieden, die sich verhalten, wie ein Rhomboëder und sein Gegenrhomboëder, d. i. zwei Dreiunddreikantner von gleichen Winkeln, deren eingeschlossenes Rhomboëder auch in den Winkeln gleich, aber im ersten Fall erster Ordnung, im anderen zweiter Ordnung ist. Jene beiden Zeichen entsprechen den Haüy'schen Flächen *r* und ϑ am Kalkspath. Andere Beispiele solcher wechselseitiger Gegendodekaëder zeigt die angehängte Tafel 1. unter der Rubrik *G*.

Die parallele Fläche dagegen, z. B. von $\boxed{a : \tfrac{1}{3}\overset{c}{a} : \tfrac{1}{2} a}$ ist, wie man weifs, $\boxed{a' : \tfrac{1}{3}\overset{c'}{a'} : \tfrac{1}{2} a'}$, und gehört somit demselben Dreiunddreikantner; hingegen die Fläche $\boxed{a : \tfrac{1}{3}\overset{c'}{a} : \tfrac{1}{2} a}$, als die parallele von $\boxed{a' : \tfrac{1}{3}\overset{c}{a'} : \tfrac{1}{2} a'}$, dem Gegendodekaëder an. Im sechsgliedrigen System fallen diese Unterschiede als solche, und sofern es nicht darauf ankommt, jede einzelne von gleichartigen Flächen im Zeichen zu unterscheiden, weg.

§. 28.

Nächst der Unterscheidung von zwei Klassen, ordnen sich die mancherlei Dreiunddreikantner eines rhomboëdrischen Systems schicklich

---

(1) S. die Abhandlung in diesen Schriften vom Jahr 1816 und 1817. S. 331. 332.

nach den Zonen, in welchen sie liegen. Eine jede Zonenaxe, welche gegen die Axe des Systems geneigt ist und in einer durch ein *s* und *c* gelegten Ebne liegt, kann angesehen werden als parallel der Kante eines bestimmten Rhomboëders des Systems; man kann also alle solche Zonen nach den Rhomboëdern benennen, deren Kantenzonen sie sind (immer eingedenk, dafs z. B. die Diagonalzone eines gegebenen Rhomboëders identisch ist mit der Kantenzone seines ersten schärferen, weil die Längendiagonale des ersteren coïncidirt mit der Endkante des letzteren). Und so würden wir also für den Kalkspath zu unterscheiden haben, zuvörderst die Dreiunddreikantner aus der Kantenzone des Hauptrhomboëders, dann die aus der Kantenzone seines ersten schärferen, seines ersten stumpferen u. s. w.

§. 29.

In jeder dieser Zonen unterscheidet man wieder am besten drei Abtheilungen von Dreiunddreikantnern, als erste die, deren Lateralkanten coïncidiren mit den Lateralkanten des Rhomboëders, dessen Kantenzone die in Rede stehende ist; als zweite Abtheilung die Dreiunddreikantner, deren schärfere Endkanten, und als dritte die, deren stumpfere Endkanten coïncidiren mit den Endkanten des Rhomboëders, von welchem die Rede ist. Die erste Abtheilung macht die Lateralhälfte, die zweite und dritte zusammen die Terminalhälfte der Kantenzone, von welcher die Rede ist, aus; die beiden letzteren sind aber unter sich geschieden jederzeit durch ein eigenes Grenzglied, ein Dihexaëder, in welchem der Unterschied der abwechselnd schärferen und stumpferen Endkanten des Dreiunddreikantners Null wird, und die Lateralkanten in eine Ebne zu liegen kommen und das reguläre Sechseck bilden. Dieses Grenzglied scheidet zugleich allemal Dreiunddreikantner von zweierlei Klassen; denn das eingeschlossene Rhomboëder der zweiten Abtheilung ist allemal gleicher Ordnung mit dem eingeschlossenen Rhomboëder der ersten Abtheilung; das eingeschlossene Rhomboëder der dritten Abtheilung dagegen jederzeit entgegengesetzter Ordnung. Also sind auch in jeder Zone die Dreiunddreikantner erster und zweiter Abtheilung von derselben Klasse, die dritte Abtheilung von der entgegengesetzten Klasse.

§. 30.

Die gemeinschaftliche geometrische Eigenschaft, welche den Dreiunddreikantnern jeder einzelnen Abtheilung zukommt, liest man wiederum in unserm Zeichen unmittelbar. Nur ist es nöthig, der Klassenunterschiede eingedenk zu bleiben, und nicht Dreiunddreikantner entgegengesetzter Klassen oder Zonen von Rhomboëdern entgegengesetzter Ordnungen zu verwechseln.

A. In der Kantenzone des Hauptrhomboëders ist die Axe der Zone parallel einer Linie $(2s; c)$. Findet sich das Verhältnifs $2s : c$ in einem gegebenen Zeichen nicht, so ist die bezeichnete Fläche von der Kantenzone des Rhomboëders ausgeschlossen.

Ist die bezeichnete Fläche aus der ersten Abtheilung dieser Zone, so findet sich in ihrem Zeichen

$$\frac{2s}{n-2} : \gamma c = 2s : c; \text{ folglich } \gamma = \frac{1}{n-2}, \text{ oder } n = \frac{2\gamma+1}{\gamma}$$

Ist sie zweiter Abtheilung der nemlichen Zone, so ist für sie

$$\frac{2s}{n+1} : \gamma c = 2s : c; \text{ folglich } \gamma = \frac{1}{n+1}, \text{ oder } n = \frac{1-\gamma}{\gamma}$$

Ist sie dritter Abtheilung, so gilt für sie die Proportion

$$\frac{2s}{2n-1} : \gamma c = 2s : c; \text{ also } \gamma = \frac{1}{2n-1}, \text{ oder } n = \frac{1+\gamma}{2\gamma}$$

Das Grenzglied zwischen beiden letzteren Abtheilungen, der dihexaëdrische Körper, hat die Eigenschaften beider Abtheilungen verbunden. — Die beiden ersten Abtheilungen sind in dieser Zone zugleich erster Klasse, die dritte ist zweiter Klasse.

B. Die Kantenzone des ersten schärferen Rhomboëders ist identisch mit der Diagonalzone des Hauptrhomboëders; die Axe dieser Zone ist eine Linie $(s; c)$.

Die Flächen erster Abtheilung aus dieser Zone haben also gemein

$$\frac{2s}{n-2} : \gamma c = s : c; \text{ mithin } \gamma = \frac{2}{n-2}, \text{ oder } n = \frac{2(\gamma+1)}{\gamma}$$

Die Flächen zweiter Abtheilung aus der nemlichen Zone

$$\frac{2s}{n+1} : \gamma c = s : c; \text{ also } \gamma = \frac{2}{n+1}, \text{ oder } n = \frac{2-\gamma}{\gamma}$$

Die dritter Abtheilung

$$\frac{2s}{2n-1} : \gamma c = s : c; \text{ also } \gamma = \frac{2}{2n-1}, \text{ oder } n = \frac{\gamma+2}{2\gamma}$$

Die zwei ersten Abtheilungen dieser Zone sind zweiter Klasse, die dritte ist erster Klasse.

C. Die Kantenzone des ersten stumpferen Rhomboëders hat zur Axe eine Linie $(4s; c)$.

Also hat man wieder für die erste Abtheilung dieser Zone

$$\frac{2s}{n-2} : \gamma c = 4s : c; \text{ folglich } \gamma = \frac{1}{2(n-2)}, \text{ und } n = \frac{4\gamma+1}{2\gamma}$$

für die zweite

$$\frac{2s}{n+1} : \gamma c = 4s : c; \text{ also } \gamma = \frac{1}{2(n+1)}, \text{ und } n = \frac{1-2\gamma}{4\gamma}$$

und für die dritte

$$\frac{2s}{2n-1} : \gamma c = 4s : c; \text{ mithin } \gamma = \frac{1}{2(2n-1)}, \text{ und } n = \frac{2\gamma+1}{4\gamma}$$

Die zwei ersten Abtheilungen dieser Zone sind abermals zweiter Klasse, die dritte ist erster Klasse.

D. Eben so hat die Kantenzone des zweiten schärferen Rhomboëders, welche identisch ist mit der Diagonalzone des ersten schärferen, zu ihrer Axe eine Linie $(s; 2c)$.

Es ist also für die erste Abtheilung in dieser Zone

$$\frac{2s}{n-2} : \gamma c = s : 2c; \text{ daher } \gamma = \frac{4}{n-2}, \text{ und } n = \frac{2(\gamma+2)}{\gamma}$$

für die zweite Abtheilung

$$\frac{2s}{n+1} : \gamma c = s : 2c; \text{ folglich } \gamma = \frac{4}{n+1}, \text{ und } n = \frac{4-\gamma}{\gamma}$$

und für die dritte

$$\frac{2s}{2n-1} : \gamma c = s : 2c; \text{ folglich } \gamma = \frac{4}{2n-1}, \text{ und } n = \frac{\gamma+4}{2\gamma}$$

Die beiden ersten Abtheilungen dieser Zone sind wiederum erster, die letzte zweiter Klasse.

So fänden sich für jede Zone, deren weitere Unterscheidung zweckmäfsig werden könnte, die analogen Formeln mit der directesten Beziehung auf unsere Zeichen. Man könnte die obigen Abtheilungen in der angegebenen Folge, als vierte, fünfte, sechste u. s. f. bis zwölfte fortzählen, und würde damit einige kürzere Ausdrücke erreichen, wie z. B. wenn man sagen wollte, der gewöhnliche Dreiunddreikantner des Kalkspathes, der Haüy'sche metastatische, sei erster und eilfter Abtheilung zugleich; wodurch er bestimmt ist; das Gedächtnifs möchte indefs

in dieser Sprache eine neue Schwierigkeit finden, und wir vermeiden sie deshalb; zu geschweigen, dafs die Grenze des fortzählens sich leicht allzu weit hinausschieben würde, und auch anderen Zonen die Betrachtung vorbehalten bleiben mufs, welche in eine Reihe dieser Art gar nicht gehören.

Gesetzt, dafs die dihexaëdrischen Kantenzonen eine ähnliche Mannichfaltigkeit darböten, wie beim Kalkspath u. s. f. die rhomboëdrischen, so sieht man, wie sich ähnliche Abtheilungen von Sechsundsechskantner unterscheiden, und durch bestimmte Verhältnisse eines a zu c in unserem Zeichen erkennen lassen würden. Es ist, wie man jetzt vollständiger übersieht (vergl. oben §. 13.), die untere Reihe unseres Zeichens, die der s, welche die rhomboëdrischen Kantenzonen, die obere, oder die der a, verglichen mit γc, die, welche die dihexaëdrischen Kantenzonen, in welche die Fläche gehört, unmittelbar nennt; jene fallen zusammen mit den Diagonalzonen sowohl der Rhomboëder als der Dihexaëder erster Ordnung; diese mit den Diagonalzonen der Dihexaëder zweiter Ordnung $= \overset{\gamma c}{\boxed{a : \frac{1}{2} a : a}}$. Die eben genannten Dihexaëder zweiter Ordnung sind es, welche am rhomboëdrischen System die Grenzglieder je einer zweiten und dritten Abtheilung von Dreiunddreikantnern bilden, und vollzählig auch im rhomboëdrischen System vorkommen, während die Dihexaëder erster Ordnung $\overset{\gamma c}{\boxed{a : a : \infty a}}$ sich auf die Hälfte ihrer Flächen in den Rhomboëdern reduciren.

Die genannten Grenzglieder bilden wieder eine Zone unter sich, d. i. die vertikale Zone der zweiten sechsseitigen Säule, kürzer: die zweite vertikale Zone; denn sie sind sämmtlich auf die Seitenflächen der zweiten sechsseitigen Säule $\overset{\infty c}{\boxed{a : \frac{1}{2} a : a}}$ gerad aufgesetzt; die Axe der Zone ist die Linie $(a;\ \frac{1}{2} a;\ a)$.

§. 31.

Die beifolgende Tafel I. gibt eine Übersicht der Dreiunddreikantnerflächen, welche am Kalkspath von Haüy (1), Bournon (2) u. A.

---

(1) Wir verweisen hier auf die zweite Ausgabe seines *Traité de minéralogie, Paris* 1822.

(2) *Traité complet de la chaux carbonatée et de l'arragonite, par M. le comte de Bournon. Vol. I-III. Londres*, 1808. 4.

angegeben worden sind; ihre Ausdrücke, die wir hier ausführlich geben, ziehen sich beim gewöhnlichen, wiederkehrenden Gebrauch auf die oben erwähnte Art bequemer und kürzer zusammen. Es sind ihrer funfzig verschiedene, offenbar von sehr ungleicher Zuverlässigkeit. Ich habe im §. 25. die Art und Weise und den Anfang einer Kritik der einzelnen Bestimmungen angedeutet. Die Betrachtung der Ausdrücke selbst mag zur Fortsetzung solcher Betrachtungen dienen; ich enthalte mich, der Weitläuftigkeit wegen, aller der Bemerkungen, die sich mir aus den einzelnen Zeichen für sich und aus ihrer Vergleichung ergeben haben, um so mehr, als jetzt eine Methode vorhanden ist, welche weit vollständiger und in Einem Überblick darlegt, was aufserdem nur theilweise und vereinzelt bei der kritischen Betrachtung gegebener Flächenbestimmungen erörtert werden könnte; ich meine die sinnreiche und fruchtbare graphische Methode des Herrn F. E. Neumann (1). Wir fügen vielmehr nur noch in der Tafel II. die Ausdrücke der verschiedenen Rhomboëderflächen des Kalkspaths, so wie die der Seiten- und Endflächen seiner Säule, ebenfalls nach Haüy und Bournon, bei, welche nicht allein für sich ein ähnliches Feld der Betrachtung darbieten, sondern auch von der kritischen Betrachtung der Dreiunddreikantnerflächen, als einem reellen, in sich harmonisch ausgebildeten Krystallsysteme angehörig, nicht getrennt werden können. Es steigt mit ihnen die Gesammtzahl der am Kalkspath angegebenen verschiedenartigen Flächen auf 83; davon 28 verschiedenen Rhomboëdern angehören.

Man vermifst hierbei, gewissermafsen selbst ohne längeres Nachdenken unter den sechsundsechskantigen Säulen (Taf. II. B. a. 3. 4.) die Fläche $\overset{\infty c}{\boxed{a : \frac{1}{3} a : \frac{1}{2} a}}$, welche nach allem, was wir vom Kalkspathsystem kennen, gewifs mehr innere Wahrscheinlichkeit besitzt, als die beiden angegebenen $\overset{\infty c}{\boxed{a : \frac{2}{7} a : \frac{2}{5} a}}$ und $\overset{\infty c}{\boxed{a : \frac{1}{5} a : \frac{1}{4} a}}$; sie würde aufser der horizontalen Zone, zugleich in die vertikale Zone Taf. I. *E*. gehören, und zu dieser Zone sich verhalten, wie $\overset{\infty c}{\boxed{a : \frac{1}{7} a : a}}$ zu der vertikalen Zone Taf. I. *F*. Es ist indefs bekannt, wie selten am Kalkspath überhaupt Flächen einer sechsundsechskantigen Säule zu beobachten sind, und wie

(1) Beiträge zur Krystallonomie, von F. E. Neumann, erstes Heft. Berlin und Posen, 1823.

fast nur die Seitenflächen der beiden sechsseitigen Säulen, und vorzugsweise der ersten, in der horizontalen Zone voszukommen pflegen.

Dagegen wird man mit einer Art von Überraschung z.B. bemerken, wie Flächen, die wir oben §. 26. unter den gewöhnlichen Sechsundsechskantnerflächen aufführten, hier auf eine unerwartete Weise sich wieder zeigen; und die Identität der durch die Haüy'sche Kalkspath-Varietät: „*paradoxale*" u.a. wohl bekannten Fläche x (Taf.I. *B*. 1.) den Ausdruck d.i. der allgemeinen Function nach, mit der Trapezfläche des Quarzes $u = \boxed{\overset{c}{a : \tfrac{1}{4}a : \tfrac{1}{3}a}}$ versteckt sich durch die rhomboëdrischen Verhältnisse am Kalkspath gegen die dihexaëdrischen am Quarz so sehr, dafs sie durch unser Zeichen gewifs nicht ohne einige Überraschung ans Licht gezogen wird.

§. 32.

Betrachtet man die Reihe von beobachteten Dreiunddreikantnerflächen in einer und derselben Zone oder in deren Abtheilungen, wie in TafI. *A.a.b.c.d.*, so sind die angeführten Flächen der ersten Abtheilung, in der Folge, wie sie genannt sind, und ihre Neigungen gegen den Aufrifs der Zone (d.i. hier gegen eine durch ihr gemeinschaftlich $2s$ und c gelegte Ebne) verglichen mit der Neigung der Hauptrhomboëderfläche $\boxed{\overset{c}{a : a : \infty a}}$ gegen dieselbe Ebne, die Flächen mit:

dreifacher, fünf-, sieben-, neunfacher, doppelter, $\frac{5}{3}$-, $\frac{3}{2}$-, $\frac{7}{5}$-, 4-, $\frac{7}{3}$-, $\frac{11}{3}$-, $\frac{17}{3}$-facher Cotangente,

wie man nach den üblichen Ausdrücken des Trigonometers sagen würde, welche indefs hier nicht so zweckmäfsig sind, weil dadurch die Richtungen der Linien verändert werden, welche gemeint sind, und welche constant den Richtungen des Sinus und Cosinus sämmtlicher Neigungen bleiben. Deshalb sagen wir in allen solchen Fällen lieber: es sind die Flächen mit eben so vielfachen Cosinus ihrer Neigungen, nemlich bei gleichen Sinus-Linien.

Die angeführten Flächen der zweiten Abtheilung sind in gleichem Sinn die Flächen mit

doppelter, $\frac{5}{3}$-, $\frac{7}{5}$-, $\frac{5}{2}$-, $\frac{11}{7}$-facher Tangente.

oder nach unserm aus dem angegebnen Grunde vorgezogenen Ausdruck die mit eben so vielfachem Sinus, bei gleichen Cosinus-Linien.

Das Grenzglied der zweiten und dritten Abtheilung ist die Fläche mit dreifacher, die beiden angeführten Flächen der dritten Abtheilung sind die mit fünf-, und mit achtfacher Tangente im vorigen Sinn.

§. 33.

Die Haüy'schen Decrescenz-Ausdrücke der Flächen lassen sich in die unsrigen sehr leicht übertragen, zumal wenn es gerade Decrescenzen unter der Form $\overset{m}{D}$, $\underset{m}{B}$, ${}^{m}E$ sind.

Die Dreiunddreikantnerflächen der ersten Abtheilung aus der Kantenzone des Hauptrhomboëders nemlich haben die Haüy'sche Bezeichnung $\overset{m}{D}$, wenn wir m den Exponenten seines Decrescenzzeichens nennen. Ein solches Zeichen ist in das unsrige so zu übersetzen dafs unser $\frac{1}{n} = \frac{1}{m+1}$, und unser $\gamma = \frac{1}{m-1}$, folglich das ganze Zeichen dieses wird.

$$\overset{m}{D} = \boxed{\begin{array}{c} \frac{1}{m-1}\,c \\ a : \frac{1}{m+1}\,a : \frac{1}{m}\,a \\ \frac{2}{m+2}\,s : \frac{2}{2m+1}\,s : \frac{2}{m-1}\,s \end{array}}$$

Die Flächen aus der zweiten und dritten Abtheilung der Kantenzone des Hauptrhomboëders entsprechen dem Haüy'schen Decrescenzzeichen $\underset{m}{B}$, und zwar sind sie zweiter Abtheilung, wenn $m > 2$, dagegen dritter Abtheilung, wenn $m \lessgtr {}^{2}_{1}$; der Fall $m = 2$ ist der des Grenzgliedes zwischen beiden.

In unser Zeichen übersetzen sie sich auf folgende Art: Ist das Haüy'sche Zeichen der Flächen zweiter Abtheilung $\underset{m>2}{B}$ so ist

unser $n = m$, und unser $\gamma = \frac{1}{m+1}$; folglich $\underset{m>2}{B} = \boxed{\begin{array}{c} \frac{1}{m+1}\,c \\ a : \frac{1}{m}\,a : \frac{1}{m-1}\,a \\ \frac{2}{m+1}\,s : \frac{2}{2m-1}\,s : \frac{2}{m-2}\,s \end{array}}$

Ist das der Flächen dritter Abtheilung $\underset{m \lessgtr {}^{2}_{1}}{B}$, so ist

unser $n = \frac{m}{m-1}$, und $\gamma = \frac{m-1}{m+1}$; also

$$\underset{m\lessgtr^{2}_{1}}{B} = \boxed{\begin{array}{c} \frac{m-1}{m+1}\,c \\ a' : \frac{m-1}{m}\,a' : (m-1)\,a' \\ \frac{2(m-1)}{2m-1}\,s' : \frac{2(m-1)}{m+1}\,s' : \frac{2(m-1)}{3-m}\,s' \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \frac{1}{m+1}\,c \\ \frac{1}{m-1}\,a' : \frac{1}{m}\,a' : a' \\ \frac{2}{2m-1}\,s' : \frac{2}{m+1}\,s' : \frac{2}{2-m}\,s' \end{array}}$$

In der Diagonalzone des Hauptrhomboëders, d. i. der Kantenzone des ersten schärferen, ist das Haüy'sche Zeichen im allgemeinen ${}^{m}E$; für die erste Abtheilung in derselben ist $m < 1$; dann ist unser $n = \frac{2}{1-m}$, unser $\gamma = \frac{1-m}{m}$, daher das ganze Zeichen

$${}^{m<1}E = \boxed{\begin{array}{c} \frac{1-m}{m}\,c \\ a' : \frac{1-m}{2}\,a' : \frac{1-m}{m+1}\,a' \\ \frac{2(1-m)}{3-m}\,s' : \frac{2(1-m)}{3+m}\,s' : \frac{1-m}{m}\,s' \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \frac{c}{m} \\ \frac{a'}{1-m} : \frac{a'}{2} : \frac{a'}{m+1} \\ \frac{2s'}{3-m} : \frac{2s'}{3+m} : \frac{s'}{m} \end{array}}$$

Für die zweite Abtheilung in der nemlichen Zone ist $m \gtrless^{1}_{3}$, und dann ist unser $n = \frac{m+1}{m-1}$, unser $\gamma = \frac{m-1}{m}$; daher das ganze Zeichen

$${}^{m\gtrless^{1}_{3}}E = \boxed{\begin{array}{c} \frac{m-1}{m}\,c \\ a' : \frac{m-1}{m+1}\,a' : \frac{m-1}{2}\,a' \\ \frac{m-1}{m}\,s' : \frac{2(m-1)}{m+3}\,s' : \frac{2(m-1)}{3-m}\,s' \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \frac{c}{m} \\ \frac{a'}{m-1} : \frac{a'}{m+1} : \frac{a'}{2} \\ \frac{s'}{m} : \frac{2s'}{3+m} : \frac{2s'}{3-m} \end{array}}$$

Und für die dritte Abtheilung dieser Zone, deren Flächen zwar beim Kalkspath nicht vorkommen, aber z. B. beim Eisenglanz gern und deren mehrere, obgleich der Kalkspath sonst an Mannichfaltigkeit seiner Krystallflächen allen andern rhomboëdrischen Systemen so überlegen ist, wird in dem Haüy'schen Zeichen ${}^{m}E$, $m > 3$, und dann unser $n = \frac{m+1}{2}$, unser $\gamma = \frac{2}{m}$, daher das ganze Zeichen

$${}^{m>3}E = \boxed{\begin{array}{c} \frac{2}{m}\,c \\ a : \frac{2}{m+1}\,a : \frac{2}{m-1}\,a \\ \frac{4}{m+3}\,s : \frac{2}{m}\,s : \frac{4}{m-3}\,s \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \frac{c}{m} \\ \frac{a}{2} : \frac{a}{m+1} : \frac{a}{m-1} \\ \frac{2s}{m+3} : \frac{s}{m} : \frac{2s}{m-3} \end{array}}$$

Das Grenzglied beider Abtheilungen, das, wo $m = 3$, fehlt wieder beim Kalkspath, wiewohl es beim Eisenglanz, Corund und mehreren gerade besonders häufig ist.

Haben wir es mit Haüy'schen intermediären Decrescenzzeichen zu thun, so müssen diese erst in jene unzweideutigen, neuerlich von Haüy *signes techniques* im Gegensatz von *signes théoriques* genannten,

übersetzt werden, ehe sich für sie allgemeine Formeln der Übertragung in die unsrigen geben lassen.

Die Haüy'schen Decrescenzzeichen für abgeleitete Rhomboëder lassen sich unter die beiden Formen $\overset{n}{e}$ und $\underset{n}{A}$ bringen. Schreiben wir nun die Fläche eines Rhomboëders im allgemeinen so: $\boxed{\overset{\gamma c}{a : a : \infty a}}$, so ist, für $\underset{n}{e}$, unser $\gamma = \frac{n+1}{n-2}$.

Wenn $n > 2$, so ist diese Gröfse positiv, und das Rhomboëder ist erster Ordnung; es bleiben also die Buchstaben in unserem Zeichen ohne Accente.

Wenn $n < 2$, so wird unser γ negativ, das Rhomboëder wird zweiter Ordnung; wir schreiben es $\boxed{\overset{\gamma c}{a' : a' : \infty a}} = \boxed{\overset{\gamma c'}{a : a : \infty a}}$.

Wenn $n = 2$, so wird $\gamma = \infty$, die Fläche also parallel der Axe c, d. i. sie wird die Fläche eines unendlich scharfen Rhomboëders, oder die Seitenfläche unserer ersten sechsseitigen Säule.

Es ist also $n = 2$ die Grenze zwischen Rhomboëdern erster und zweiter Ordnung, welche als Decrescenzen an e angesehen werden können.

Bei Decrescenzen an A, also für $\underset{n}{A}$, ist unser $\gamma = \frac{n-1}{n+2}$.

Ist $n > 1$, also γ positiv, so ist das Rhomboëder wiederum erster Ordnung, und die Buchstaben bleiben ohne Accente.

Ist $n < 1$, so zeigt das Negativwerden von γ wie vorhin, dafs es im umgekehrten Sinne, d. i. als $\gamma c'$, zu nehmen ist; das Rhomboëder ist wieder zweiter Ordnung.

Ist $n = 1$, also $\gamma = 0$, so haben wir die Fläche des unendlich stumpfen Rhomboëders, d. i. die Endfläche der Säule $\boxed{\overset{o.c}{a : a : \infty a}} = \boxed{\overset{c}{\infty a : \infty a : \infty a}}$.

Der Werth $n = 1$ ist hier wiederum die Grenze der Rhomboëder erster und zweiter Ordnung, welche als Decrescenzen an A angesehen werden können.

Umgekehrt, wenn wir unsere Zeichen von Rhomboëdern in Haüy'sche Decrescenzausdrücke übersetzen wollen, so wird, wenn die Buchstaben ohne Accente (genauer a und c gleich accentuirt) sind

$$n = \frac{2\gamma + 1}{\gamma - 1}.$$

Ist $\gamma > 1$, also $(\gamma - 1)$ positiv, so ist das correspondirende Haüy'sche Decrescenzzeichen $= \overset{n}{e}$.

Ist $\gamma < 1$, also $(\gamma - 1)$ eine negative Gröfse, so zeigt sie an, dafs die Decrescenz nicht an e, sondern an A zu denken, oder $= \underset{n}{A}$ ist, worin der positive Werth $1 - \gamma$ genommen wird.

In diesen Ausdrücken liegt auch, dafs, wenn $\gamma = 1$, es die Fläche des Hauptrhomboëders selbst, oder Haüy's $\overset{\infty}{e} = \underset{\infty}{A} = P$ ist; desgleichen, dafs, wenn $\gamma = \infty$, der Haüy'sche Decrescenzausdruck kein anderer ist als $\overset{2}{e}$, wie er es allerdings ist für die Seitenfläche der ersten sechsseitigen Säule.

Ist endlich unser geschriebenes Rhomboëder zweiter Ordnung, also a oder c accentuirt, so wird

$$n = \frac{2\gamma - 1}{\gamma + 1}$$

Ist $2\gamma > 1$, also $(2\gamma - 1)$ positiv, so ist die Haüy'sche Decrescenz an e zu denken, und sein Zeichen der Fläche ist $\overset{n}{e}$. Ist dagegen $2\gamma < 1$, mithin $(2\gamma - 1)$ negativ, so ist das gesuchte Haüy'sche Zeichen $\underset{n}{A}$, und in demselben $1 - 2\gamma$ positiv genommen.

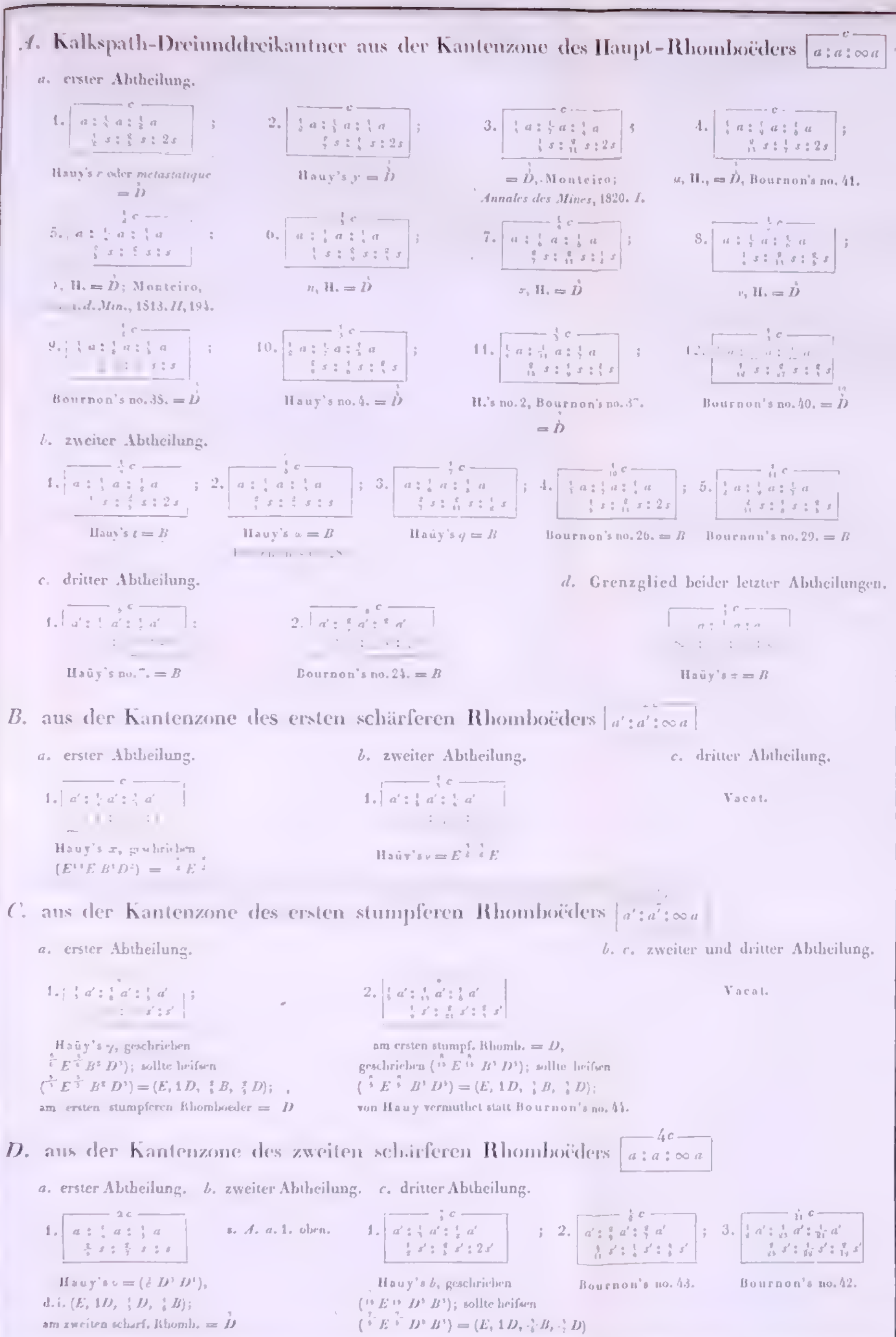
Auch hier ist eben so deutlich, dafs, wenn $\gamma = \infty$, das Haüy'sche Zeichen $\overset{2}{e}$ wird; desgleichen, dafs, wenn $\gamma = 1$, oder unsere geschriebene Fläche das Gegenrhomboëder des Hauptrhomboëders bezeichnet, der Haüy'sche Ausdruck derselben $= \overset{\frac{1}{2}}{e}$ seyn mufs.

s Dreiunddreikantners $\mathcal{A}$. *a*. 1.

s. oben ; 3. *D*. *c*. 1. s. oben ; 4. $\left[\begin{array}{c} \frac{8}{5}c \\ a : \frac{1}{4} a : \frac{1}{2} a \\ \frac{1}{2} s : \frac{2}{5} s : 2s \end{array}\right]$

Haüy's *z*, das $\overset{II}{D}$
des Rhomboëders $\overset{2}{e}$,
nicht $\overset{\frac{7}{2}}{e}$, wie Haüy angiebt.

weiten sechsseitigen Säule $\left[\begin{array}{c} \infty c \\ a : \frac{1}{2} a : a \end{array}\right]$ (dihexaëdrische Körper).



A. Kalkspath-Dreiunddreikantner aus der Kantenzone des Haupt-Rhomboëders $[a : a : \infty a]$ (c)

a. erster Abtheilung.

1. Haüy's *r* oder *metastatique* $= \overset{1}{D}$; 2. Haüy's *y* $= \overset{1}{D}$; 3. $= \overset{1}{D}$, Monteiro; *Annales des Mines*, 1820. *I.*; 4. *a*, H., $= \overset{1}{D}$, Bournon's no. 41.

5. *λ*, H. $= \overset{1}{D}$; Monteiro, *A. d. Min.*, 1813. *II*, 194.; 6. *n*, H. $= \overset{1}{D}$; 7. *z*, H. $= \overset{1}{D}$; 8. *r*, H. $= \overset{1}{D}$

9. Bournon's no. 35. $= \overset{1}{D}$; 10. Haüy's no. 4. $= \overset{1}{D}$; 11. H.'s no. 2, Bournon's no. 37. $= \overset{1}{D}$; 12. Bournon's no. 40. $= \overset{1}{D}$

b. zweiter Abtheilung.

1. Haüy's *t* = *B*; 2. Haüy's *a* = *B*; 3. Haüy's *q* = *B*; 4. Bournon's no. 26. = *B*; 5. Bournon's no. 29. = *B*

c. dritter Abtheilung. — *d.* Grenzglied beider letzter Abtheilungen.

1. Haüy's no. 7. = *B*; 2. Bournon's no. 24. = *B*; Haüy's *π* = *B*

B. aus der Kantenzone des ersten schärferen Rhomboëders $[a' : a' : \infty a]$

a. erster Abtheilung. *b.* zweiter Abtheilung. *c.* dritter Abtheilung.

1. Haüy's *x*, geschrieben $(E^{11} E B^1 D^2) = {}^1E^1$; 1. Haüy's *v* = *E E*; Vacat.

C. aus der Kantenzone des ersten stumpferen Rhomboëders $[a' : a' : \infty a]$

a. erster Abtheilung. *b. c.* zweiter und dritter Abtheilung.

1. Haüy's *γ*, geschrieben (*E B² D¹*); sollte heifsen (*E B² D¹*) = (*E*, 1*D*, *B*, *D*); am ersten stumpferen Rhomboëder = *D*

2. am ersten stumpf. Rhomb. = *D*, geschrieben (*E B¹ D¹*); sollte heifsen (*E B¹ D¹*) = (*E*, 1*D*, *B*, *D*); von Haüy vermuthet statt Bournon's no. 44.

Vacat.

D. aus der Kantenzone des zweiten schärferen Rhomboëders $[a : a : \infty a]$ (4c)

a. erster Abtheilung. *b.* zweiter Abtheilung. *c.* dritter Abtheilung.

1. (2c) Haüy's *v* = (*D¹ D¹*), d. i. (*E*, 1*D*, *D*, *B*); am zweiten scharf. Rhomb. = *D*; s. *A. a.* 1. oben.

1. Haüy's *b*, geschrieben (*E D¹ B¹*); sollte heifsen (*E D¹ B¹*) = (*E*, 1*D*, *B*, *D*); 2. Bournon's no. 43.; 3. Bournon's no. 42.

E. aus der vertikalen Zone des Dreiunddreikantners *A. a.* 1.

1. *A. b.* 1. s. oben; 2. *A. c.* 1. s. oben; 3. *D. c.* 1. s. oben; 4. Haüy's *z*, das $\overset{1}{D}$ des Rhomboëders *ε*, nicht *ε*, wie Haüy angiebt.

F. aus der vertikalen Zone der zweiten sechsseitigen Säule $[a : \frac{1}{2}a : a]$ (∞c) (dihexaëdrische Körper).

1. *A. d.*, s. oben; 2. (2c) Haüy's *ξ*, geschrieben (*E D¹ B¹*), d. i. (*E*, 1*D*, *B*, *D*); 3. (3c) Haüy's *λ*, geschrieben (*E B¹ D²*), d. i. (*E*, 1*D*, *B*, *D*); 4. Bournon's no. 31.; 5. Bournon's no. 55. von Haüy geschrieben (*E D¹¹ B²*); sollte heifsen (*E D¹¹ B²*) = (*E*, 1*D*, *B*, *D*)

G. Gegen-Dodekaëder von einigen der vorigen.

1. Gegen-Dodek. von *A. a.* 1.; 2. von *A. a.* 2.; 3. von *A. a.* 10. Haüy's *ρ*; 4. von *A. a.* 12. Haüy's no. 5.

H. aufserhalb aller voriger Abtheilungen.

a. erster Klasse.

1. Bournon's no. 52.; 2. Bournon's no. 53.; 3. Bournon's no. 54.

b. zweiter Klasse.

1. Bournon's no. 49.; 2. Bournon's no. 47.; 3. Bournon's no. 51.; 4. Bournon's no. 50.; 5. Bournon's no. 33.; 6. Bournon's no. 32.; 7. Bournon's no. 48.; 8. Bournon's no. 44.; 9. Bournon's no. 45.; 10. Bournon's no. 46.

A. Kalkspath-Rhomboëd

a. Hauptreihe.

1. $\overline{a : a : \infty a}^{\,c}$; 2. $\overline{a' : a' : \infty}^{\,\frac{1}{2}c}$

Haüy's *P* erstes stumpf

Tafel II.

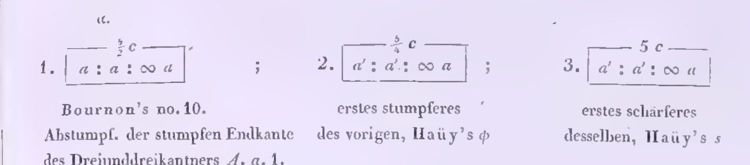
A. Kalkspath-Rhomboëder.

a. Hauptreihe.

1. $\overset{c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 2. $\overset{\frac{1}{2}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 3. $\overset{\frac{1}{4}c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 4. $\overset{2c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 5. $\overset{4c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 6. $\overset{8c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$

1. Haüy's *P*
2. erstes stumpferes, Haüy's *g*
3. zweites stumpferes, Bournon's no. 8.
4. erstes schärferes, Haüy's *f*
5. zweites schärferes, Haüy's *m*
6. drittes schärferes, Haüy's no. 3.

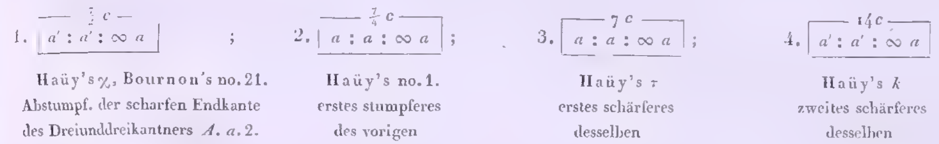
b. ähnliche Reihen.



α.

1. $\overset{\frac{5}{2}c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 2. $\overset{\frac{5}{4}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 3. $\overset{5c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$

1. Bournon's no. 10. Abstumpf. der stumpfen Endkante des Dreiunddreikantners *A. a.* 1.
2. erstes stumpferes des vorigen, Haüy's ϕ
3. erstes schärferes desselben, Haüy's *s*



β.

1. $\overset{\frac{7}{2}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 2. $\overset{\frac{7}{4}c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 3. $\overset{7c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 4. $\overset{14c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$

1. Haüy's χ, Bournon's no. 21. Abstumpf. der scharfen Endkante des Dreiunddreikantners *A. a.* 2.
2. Haüy's no. 1. erstes stumpferes des vorigen
3. Haüy's τ erstes schärferes desselben
4. Haüy's *k* zweites schärferes desselben

c. Gegen-Rhomboëder von einigen der vorigen.

1. Gegen-Rhomboëder von *a.* 1. $\overset{c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; Haüy's ε
2. Gegen-Rhomboëder von *a.* 5. $\overset{4c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; Haüy's η
3. Gegen-Rhomboëder von *b.* β. 2. $\overset{c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$ Bournon's no. 16.

d. aufserhalb der vorigen.

α. erster Ordnung.

1. $\overset{13c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 2. $\overset{\frac{23}{5}c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 3. $\overset{\frac{17}{14}c}{\boxed{a : a : \infty a}}$

1. Haüy's *i*
2. Bournon's no. 12.
3. Bournon's no. 9.

β. zweiter Ordnung.

1. $\overset{\frac{1}{2}c}{\boxed{a' : a : \infty a}}$; 2. $\overset{\frac{1}{5}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 3. $\overset{\frac{1}{5}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 4. $\overset{\frac{4}{11}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 5. $\overset{\frac{9}{14}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$;

1. Haüy's *h*
2. Haüy's *d*
3. Haüy's *l*
4. Bournon's no. 5.
5. Bournon's no. 6.

6. $\overset{\frac{1}{4}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 7. $\overset{\frac{11}{4}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 8. $\overset{\frac{13}{8}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$; 9. $\overset{\frac{25}{8}c}{\boxed{a' : a' : \infty a}}$

6. Bournon's no. 18.
7. Bournon's no. 19.
8. Bournon's no. 15.
9. Bournon's no. 20.

B. Seiten- und Endfläche der Säule.

a. Seitenflächen.

1. $\overset{\infty c}{\boxed{a : a : \infty a}}$; 2. $\overset{\infty c}{\boxed{a : \frac{1}{2} a : a}}$; 3. $\overset{\infty c}{\boxed{\frac{1}{2} a : \frac{1}{7} a : \frac{1}{5} a \quad \frac{2}{9} s : \frac{1}{6} s : \frac{2}{3} s}}$; 4. $\overset{\infty c}{\boxed{a : \frac{1}{3} a : \frac{1}{4} a \quad \frac{1}{4} s : \frac{2}{9} s : \frac{2}{3} s}}$

1. Haüy's *c*, erste sechsseitige Säule
2. Haüy's *u*, zweite sechsseitige Säule
3. Haüy's ζ
4. mit Bournon's no. 56. gemeint?

b. Endfläche.

1. $\overset{c}{\boxed{\infty a : \infty a : \infty a}}$

Haüy's *o*

Zu Hrn. WEISS Abhandlung: *Grundzüge der Theorie der Sechsundsechskantner u. s. w.*

Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz.

Von
Hrn. SEEBECK.

[Auszug*) aus vier Vorlesungen, welche in der Akademie der Wissenschaften am 16. August, am 18. und 25. Oktober 1821 und am 11. Februar 1822 gehalten worden.]

Aus meinen Untersuchungen über den Magnetismus der galvanischen Ketten in den Abhandlungen der Königl. Akademie von 1820–1821 S. 289–346 hatte sich ergeben, daſs die Intensität des Magnetismus dieser Ketten in geradem Verhältniſs zu der Energie der durch den feuchten Leiter begründeten chemischen Action stehe, mit dieser steige und falle; ferner, daſs wenn auch in den gewöhnlich angewendeten und manchen andern galvanischen Ketten ein festes und gleiches Verhältniſs zwischen der magnetischen und electrischen Polarisation besteht, — die letztere, den herrschenden electrochemischen und electromagnetischen Theorien zufolge, als von dem Berührungspunkte der Metalle miteinander ausgehend angenommen, — dieses Verhältniſs dennoch nicht unveränderlich sei, sondern daſs der feuchte Leiter auch auf die Lage der Metalle gegen die magnetischen Pole der Ketten einen entschiedenen Einfluſs habe, und nicht selten gerade die entgegengesetzte Lage derselben von der, welche man als normal angesehen hatte, veranlasse.

---

*) Zufällige Umstände haben veranlaſst, daſs diese Abhandlung im vorhergehenden Bande der Denkschriften der Königl. Akademie nicht mehr erscheinen konnte, wohin sie dem gröſsten Theil ihres Inhaltes nach gehört. Ich habe hier den im Texte enthaltenen Beobachtungen, welche sämtlich von Ende des Julius 1821 bis Anfang Februars 1822 gemacht worden, noch einige neuere Beobachtungen hinzugefügt, doch habe ich diese, zur Unterscheidung, in die Noten unter und am Ende der Abhandlung verlegt. Noch bemerke ich, daſs die in den Metallverzeichnissen mit Sternchen bezeichneten Körper später hinzugekommen sind. Sk.

Bei Fortsetzung der Untersuchungen über das gegenseitige Verhalten der electrischen, chemischen und magnetischen Thätigkeiten in den galvanischen Ketten, stiefs ich auf Erscheinungen, welche mir anzudeuten schienen, dafs auch wohl zwei Metalle für sich, kreisförmig mit einander verbunden, ohne Mitwirkung irgend eines feuchten Leiters magnetisch werden möchten. Auch noch andere Gründe schienen dafür zu sprechen. Denn aus mehreren Thatsachen und namentlich aus den S. 346 der oben angeführten Abhandlung erwähnten, schien hervorzugehen, dafs nicht sowohl die Action an dem Berührungspunkte der Metalle mit einander, als vielmehr die Ungleichheit der Actionen an den beiden Berührungspunkten der Metalle mit dem feuchten Leiter die magnetische Polarisation der ganzen geschlossenen Kette begründe; auch war wohl nicht zu bezweifeln, dafs selbst dann, wenn der Action am zuerst genannten Berührungspunkte ein Antheil an der Erregung des Magnetismus zugestanden werden müfste, doch schon das Übergewicht der Action an einem der Berührungspunkte über die an den andern beiden Berührungspunkten eine magnetische Spannung veranlassen könne; und dieses, glaubte ich, berechtige wohl zu der Erwartung, dafs bei irgend einem eintretenden Mifsverhältnifs in dem Zustande der Berührungspunkte zweier kreisförmig mit einander verbundenen Metalle eine magnetische Polarisation hervortreten könne.

Zu den ersten, in diesem Sinne unternommenen Versuchen wählte ich zwei Metalle, welche ich als Glieder in den gewöhnlichen galvanischen Ketten mit Kupfer verbunden in manchen Stücken abweichend und veränderlich gefunden hatte, Wismuth und Antimon. Durch beide sah ich meine Erwartung erfüllt, doch war ihre Wirkung verschieden.

1. Eine Scheibe von Wismuth unmittelbar auf einer Kupferscheibe liegend, zwischen die beiden Enden eines im magnetischen Meridian liegenden spiralförmig gewundenen Kupferstreifens von 40 Fufs Länge und $2\frac{1}{2}$ Lin. Breite gebracht, zeigte bei der Schliefsung des Kreises sogleich eine deutliche Declination der Magnetnadel.

Lag die Spirale gegen Norden und die Enden derselben gegen Süden, so wich der Nordpol $(-m)$ (1) der Nadel, welche innerhalb

(1) Der Nordpol der Erde mit $+M$ bezeichnet.

der Spirale stand um einige Grade westlich ab, wenn das obere Ende der Spirale auf die Wismuthscheibe niedergedrückt wurde (Fig. 1.). Die Declination war dagegen östlich, wenn die Spirale in Süden, die Metallscheibe in Norden lag.

Die Declination blieb dieselbe der Richtung nach, nur war sie schwächer, wenn die Kupferscheibe oben, die Wismuthscheibe unten lag und das obere Ende der Spirale auf die Kupferscheibe niedergedrückt wurde. Dieser Erfolg bestimmte mich in den folgenden Versuchen immer nur einfache Metallscheiben mit der Spirale in Berührung zu bringen, und auch die übrigen Metalle zeigten sich so am wirksamsten.

Umkehrung der Spirale, so dafs das vorher unten gelegene Ende nun oben zu liegen kam, änderte die Declination nicht, wenn nicht zugleich die Lage der Spirale gegen die Weltgegenden geändert wurde. Hieraus folgt, dafs nicht irgend eine in den Endstreifen der Spirale liegende Verschiedenheit die Ursache der magnetischen Spannung der Kette sei.

Auch ein einfacher Streifen von Kupferblech, bügelförmig um die Boussole geschlagen und mit der Wismuthscheibe auf die angeführte Art in Berührung gebracht, gab dieselbe Declination, obwohl schwächer als die Spirale. Betrug die ruhende Declination in dieser 7°, so gab ein $\frac{1}{2}$ Zoll breiter Kupferstreifen nur eine Declination von 4°; ein $2\frac{1}{2}$ Lin. breiter einfacher Kupferstreifenbe wirkte eine noch schwächere Declination.

2. Eine Scheibe von Antimon zwischen den Enden der Spirale oder des einfachen Kupferstreifens verhielt sich anders.

Lag die Spirale gegen Norden, die Enden derselben gegen Süden, so wich die Nadel innerhalb der Spirale östlich ab, wenn das obere Ende derselben auf die Antimonscheibe niedergedrückt wurde. Umgekehrt war es, wenn die Spirale gegen Süden lag, die Declination war dann westlich.

Das Verhalten des Antimons ist also dem des Wismuths gerade entgegengesetzt.

Die Declination bei der Verbindung von Antimon mit Kupfer war schwächer als die in der Kette von Wismuth mit Kupfer, doch immer noch deutlich.

3. Das dritte nun mit der Kupferspirale verbundene Metall, eine Zinkscheibe, zeigte abermals ein anderes Verhalten. Bei der Schliefsung des Kreises erfolgte hier keine Declination, die Magnetnadel blieb vollkommen in Ruhe.

4. Eben so wenig erfolgte eine Declination als eine Scheibe von Silber oder eine von Kupfer an die Stelle des Zinks gesetzt wurde. Die Magnetnadel wich nicht im mindesten von ihrer Lage im magnetischen Meridian ab, und dies eben so wenig, wenn jene Metalle mit Zink verbunden, als wenn sie einzeln angewendet wurden.

5. Bei allen diesen Versuchen hatte ich die Kette in der Art geschlossen, dafs ich die zu untersuchende Metallscheibe auf das untere Ende der Spirale oder des einfachen Streifens legte, und das obere frei schwebende Ende mit den Fingern auf die Scheibe niederdrückte. Es konnte daher bei den ersten Versuchen wohl die Frage aufgeworfen werden, ob nicht die Hand hier die Stelle des feuchten Leiters vertrete, und ob nicht Wismuth und Antimon nur dadurch entgegengesetzte Declinationen bewirkten, dafs das eine unter Mitwirkung der Feuchtigkeit der Hand mit Kupfer $+E$ das andere $-E$ werde.

Das gänzliche Ausbleiben einer magnetischen Spannung bei Verbindung des Zinks mit dem Kupferstreifen, wo dieser Annahme zufolge eine stärkere Spannung hätte erfolgen sollen, mufste schon gegen die Zulässigkeit derselben Bedenken erregen.

Einige Versuche, welche mit feuchten Leitern angestellt wurden, zeigten noch bestimmter, dafs Feuchtigkeit der Hand hierbei nicht mitwirken könne. Denn wenn das obere Ende der Spirale vermittelst einer mit Wasser benetzten Pappscheibe auf die Wismuthscheibe gedrückt wurde, so fand keine Declination statt; und war die Pappe mit Salzwasser benetzt, so erfolgte die entgegengesetzte Declination von der, welche sich bei Berührung mit der Hand ergeben hatte. Andere feuchte Leiter zeigten ein ähnliches Verhalten.

6. Vollständig wurde aber die Annahme, dafs wir es hier nur mit gewöhnlichen galvanischen Ketten zu thun haben, dadurch widerlegt, dafs auch dann noch, wenn das obere schwebende Ende des Kupferstreifens mit einem Stäbchen von irgend einem andern Metall auf die Wismuth- oder Antimonscheibe niedergedrückt wurde, ja dafs

selbst dann, wenn das obere Ende der Spirale, welche mit der Wismuth- oder Antimonscheibe in Berührung stand, mit einer trockenen dünnen Glasscheibe bedeckt war, und diese mit der Hand berührt wurde und einige Zeit in Berührung blieb, innerhalb der geschlossenen Kreise ganz dieselben, obwohl schwächere Declinationen erfolgten, als bei der unmittelbaren Berührung der die Kette bildenden Metalle mit der Hand.

Hierdurch war zugleich die Annahme widerlegt, daſs wohl eine Electricitätserregung durch den Contact jener beiden Metalle mit der Hand, als trockener Körper angesehen, die Ursache der magnetischen Spannung sein könnte.

7. Das obere Ende der Spirale wurde auf der Wismuthscheibe befestigt, und das untere Ende derselben an die untere Fläche des Wismuths mit der Hand gedrückt; es erfolgten jetzt die entgegengesetzten Declinationen von den in §. 1. angegebenen, wo mit der Hand oben geschlossen wurde.

Wurden die beiden Enden der Spirale oben und unten zugleich mit den Fingern an die Wismuthscheibe gedrückt, so zeigte sich keine Abweichung der Magnetnadel.

8. Statt der Spirale oder des einfachen Bogens von Kupferblech wurden nun auch andere Metalle angewendet, namentlich dünne $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuſs lange und 4 bis 6 Linien breite Streifen von Zink, Zinn, Blei, Silber und Platina. Wismuth gab mit jedem derselben bei der Schlieſsung dieselbe Declination wie mit dem Kupferstreifen, nämlich eine westliche, wenn der Bogen mit der Boussole innerhalb desselben gegen Norden, Wismuth im Süden lag, und die Kette oben mit der Hand geschlossen wurde.

Antimon bewirkte mit allen jenen Metallstreifen die entgegengesetzte Declination, d. h. eine östliche in der angegebenen Lage und von oben geschlossen. Es verhielt sich also gleichfalls wie zwischen dem Kupferstreifen.

Kupfer zwischen diesen Metallbogen zeigte keine Wirkung.

9. Von den übrigen Metallen, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fand ich Nickel, Kobalt und Uran bei der Verbindung mit der Spirale von Kupferblech, dem Wismuth gleich; dagegen

Eisen, Stahl, Arsenik und Tellur dem Antimon gleich; jene in Süden zwischen den Enden der Spirale liegend und von oben geschlossen westliche, diese östliche Declinationen bewirkend.

Dem Kupfer gleich verhielten sich Zink, Blei, Zinn, Quecksilber, Silber, Gold, Platina, Palladium, Chrom, Messing. Keines derselben gab bei der Schliefsung mit der Spirale eine wahrnehmbare Declination (1).

10. Auch mehrere gediegene Metalle und Erze, welche Hr. Weiss mir aus dem Königlichen Mineralienkabinet mitzutheilen die Güte hatte, wurden untersucht. Jene Metalle verhielten sich wie die auf den Hütten gewonnenen, und von den Erzen zeigte sich nur ein kleiner Theil wirksam. Beider Verhalten wird weiter unten genauer angegeben werden. Hier will ich nur erwähnen, dafs in der Verbindung mit der Kupferspirale, und bei der Schliefsung mit der Hand dem Wismuth gleich wirkten, Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, Arsenikkies, Kupfernikkel, weifser Speiskobalt; und dem Antimon sich gleich verhielten, Kupferglas, Buntkupfererz und blättriger Magnetkies.

11. Bei allen diesen Versuchen war die Wirkung am stärksten, wenn die Metalle und Erze unmittelbar mit der Hand berührt wurden, sie waren schwächer wenn die Schliefsung mit dünnen Zwischenkörpern geschah, (welche aber nicht zwischen der Spirale und dem zu untersuchenden Metall oder Erz liegen durften, wenn sie unmetallisch waren, sondern auf beiden), ja es fiel jede Wirkung auf die Magnetnadel weg, wenn die Enden der Spirale mit 2 Fufs langen Glas- Holz- oder Metallstangen auf die Metallscheiben niedergedrückt wurden. Doch bald zeigte sich eine Bewegung der Magnetnadel, wenn die Hand an das untere Ende der Metallstangen, nahe dem Orte wo sie den Bogen berührten, gelegt wurde, und wenn sie dort einige Zeit verweilte. Nach diesen Erfahrungen mufste sich der Gedanke aufdrängen, dafs nur die Wärme, welche sich von der Hand dem einen Berührungspunkte der Metalle stärker mittheilt, die Ursache des Magnetismus in diesen zwei-

(1) Die seltenern dieser Metalle verdanke ich der Güte der Hrn. Bergemann, Frick, Goedeking, und Hermbstädt.

gliedrigen Ketten sein möchte. Demnach war zu erwarten, dafs ein höherer Grad der Temperatur als der, welcher den Metallen von der Hand mitgetheilt werden konnte, auch eine höhere magnetische Spannung bewirken müsse. Der folgende Versuch bestätigte dies.

12. Eine Wismuthscheibe wurde mit den beiden Enden einer Kupferspirale in Berührung gebracht, unter die geschlossene Kette eine kalte und auf dieselbe eine über einer Lampe erwärmte Kupferscheibe gelegt. Es erfolgte sogleich eine Declination, und dazu eine viel lebhaftere als bei den früheren Versuchen. Die Magnetnadel innerhalb der Spirale machte eine Bewegung von 50° bis 60° und blieb bei 17° stehen, übrigens war die Declination der in den vorigen Versuchen gleich, nämlich westlich bei der Fig. 1 angegebenen Lage des Apparates.

Wurde die warme Kupferscheibe unter den sich mit dem Kupferstreifen in Berührung befindenden Wismuth gelegt, so erfolgte, wenn alles Übrige unverändert blieb, eine östliche Declination, welche eben so lebhaft war als vorhin die westliche.

13. Die Wismuthplatte selbst erwärmt, und unmittelbar auf das untere Ende der Spirale gelegt, erfolgte, wenn das obere Ende derselben den Wismuth berührte, gleichfalls eine östliche Declination. Das untere Ende der Spirale war hier das wärmere, da es mit der Wismuthscheibe beständig in Berührung blieb; das obere Ende dagegen, mit dem die Scheibe nur auf kurze Zeit in Berührung kam, war das kältere, und so mufste hier wohl dieselbe Declination erfolgen, wie in dem letzten Versuch des vorhergehenden Paragraphs.

Wurden die beiden Enden der Spirale gleichzeitig und in gleicher Länge mit der heifsen Wismuthscheibe in Berührung gebracht, so zeigte sich keine Declination der Magnetnadel.

14. Eine Scheibe von Antimon in der Spirale, bedeckt mit einer warmen Kupferscheibe, bewirkte gleichfalls eine stärkere Declination als vorher, der Richtung nach aber dieselbe, nämlich die entgegengesetzte von der, welche der Wismuth in gleicher Lage hervorbrachte. Die Abweichung der Magnetnadel betrug in der Fig. 1. angegebenen Lage der Spirale 9° bis 10° östlich.

15. Stäbe von Wismuth und von Antimon von 5 Zoll bis 2 Fuſs Länge an dem einen Ende erwärmt und unmittelbar mit der Spirale oder einem einfachen Metallbogen verbunden, zeigen ein gleiches Verhalten wie die Metallscheiben. Die Declination innerhalb des Bogens ist, wenn der Stab in Süden und der Bogen in Norden liegt, beim Wismuth östlich, wenn das warme Ende unten, und westlich, wenn das warme Ende oben steht. Beim Antimon ist die Declination im ersten Falle westlich und im letzteren östlich (S. Fig. 2 und 3 wo *A* Antimon, *B* Wismuth und *K* Kupfer bedeutet).

Die Declinationen der Magnetnadel oberhalb und unterhalb des geschlossenen Kreises sind immer denen innerhalb des Kreises entgegengesetzt.

16. Wird eine Stange von Wismuth oder Antimon genau in der Mitte erwärmt, so findet bei Anlegung der Spiralenden an die Enden der Stangen keine Declination statt.

Werden beide Enden einer solchen Metallstange zugleich und gleich stark erwärmt, oder ist die ganze Stange gleichförmig erwärmt worden, so kann eine Declination erfolgen, und sie kann auch gänzlich fehlen. Der Erfolg hängt davon ab, ob die beiden Enden der Spirale freischwebend sind, wenn geschlossen wird, oder ob sie sich mit einem andern Körper in Berührung befinden, und mit welchem. Ist die Unterlage, auf welcher das eine Ende der Spirale liegt, ein schlechter Leiter der Wärme, wie z. B. Pappe oder Holz, so kann dies Ende, wenn es mit der warmen Stange in Berührung steht, sich leicht als das wärmere verhalten, und es wird dann eine Declination erfolgen. Ist aber die Unterlage ein besserer Leiter der Wärme, z. B. Metall oder Stein, so kann die Declination die entgegengesetzte sein, weil die Abkühlung der warmen Stange hier schneller erfolgt als am andern bloſs den Metallbogen berührenden Ende.

Wird die an beiden Enden gleich warme Metallstange mit den beiden freischwebenden Enden der Spirale gleichzeitig verbunden, so erfolgt auch hier keine Abweichung der Magnetnadel.

17. Eben so verhielten sich bei gleichem Verfahren die übrigen §. 8 und 9 angeführten Metalle, selbst die dort noch als unwirksam

bezeichneten. Alle erlangten, zu zweien mit einander verbunden, bei erhöhter Temperatur eines der Berührungspunkte, eine magnetische Polarisation; bei gleicher Temperatur beider Berührungspunkte keine. Ja einige anscheinend homogene Metalle zeigten ein gleiches Verhalten.

18. Aus allen diesen Versuchen geht hervor, dafs die erste und wichtigste Bedingung der Erscheinung des freien Magnetismus in diesen metallischen Kreisen Differenz der Temperatur an den beiden Berührungspunkten der Glieder ist.

Magnetismus wird entschieden auch dann noch erregt, wenn beide Berührungspunkte der Metalle oder Erze zugleich und gleich stark erwärmt werden; eine Wirkung auf die Magnetnadel kann aber hier nicht statt finden, weil durch dieses Verfahren eine doppelte und entgegengesetzte magnetische Polarisation in dem Kreise hervorgerufen wird, und weil diese dann überall von gleicher Stärke ist. Durch Erwärmung des oberen Berührungspunktes (Fig. 2.) ist die Bedingung zur westlichen Declination und durch Erwärmung des unteren Berührungspunktes die zur östlichen Declination gesetzt; beide halten einander das Gleichgewicht, also mufs die Nadel in Ruhe bleiben.

Auch durch die Berührung der Halbkreise für sich, ohne irgend eine Temperaturänderung mufs Magnetismus erregt werden, er bleibt aber latent, weil die Action der beiden Metalle auf einander an beiden Punkten von gleicher Stärke ist und die dadurch erzeugten magnetischen Polarisationen entgegengesetzte Richtungen haben.

19. Künstliche Erkältung eines der beiden Berührungspunkte wird also eben so wohl wie Erwärmung durch Aufhebung des magnetischen Gleichgewichts eine magnetische Spannung in diesen zweigliedrigen metallischen Ketten hervorbringen müssen.

Eine 15 Zoll lange Wismuthstange, welche, in einer Glasröhre eingeschlossen, in einer Mischung von Eis und Salz abgekühlt worden war, während das andere Ende so ziemlich seine vorige Temperatur behielt, verhielt sich in der Verbindung mit der Kupferspirale ganz so, als wenn die Differenz der Temperatur beider Enden der Stange durch Erwärmung des einen derselben bewirkt worden wäre. Befand sich das kalte Ende oben, so war die Declination östlich (wie in Fig. 2.), befand es sich unten, so war die Declination westlich. Die Bewegung

der Nadel betrug 30° beim ersten Schliefsen. Eine Stange von Antimon auf dieselbe Weise behandelt, gab, wenn das kalte Ende oben stand, eine westliche Declination (wie in Fig. 3.), doch eine viel schwächere als der Wismuth (1).

20. Die magnetische Spannung in diesen metallischen Ketten ist um so stärker, je gröfser die Differenz der Temperatur an den beiden Berührungspunkten ist. Wenn jene Spannung auch nicht in allen Fällen bei der Erhöhung der Temperatur gleichförmig fortsteigt, und Metall-Legirungen manche Ausnahmen machen, wie man weiter unten finden wird, so scheint dies Gesetz doch für die meisten Metall-Combinationen und namentlich für die reineren Metalle gültig zu sein. Wie die Erwärmung geschieht, ist gleichgültig, ob über einer Lampe, oder auf einem heifsen Bolzen, oder vermittelst eines Brennglases. Die bestimmte magnetische Polarisation einer Kette bleibt bei dem einen wie bei dem andern Verfahren immer dieselbe. Gleichgültig in Beziehung auf diese Polarisation ist es auch, ob nur eines der beiden Metalle an dem einen Ende erwärmt wird, und welches, oder ob beide zugleich erwärmt werden; doch ist bei gleichzeitiger Erwärmung beider Metalle an dem einen Berührungspunkte die magnetische Polarisation in der Regel stärker. Da bei diesen Versuchen darauf zu achten ist, dafs der andere Berührungspunkt nicht zugleich mit erwärmt wird, so ist leicht einzusehen, dafs man den beiden Gliedern der Kette eine

---

(1) Später habe ich gemeinschaftlich mit Hrn. H. Rose einige Versuche in höheren Graden der Kälte angestellt. Ein Ring halb aus Antimon von $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und halb aus einem dünnen $\frac{1}{2}$ Zoll breiten Kupferblech bestehend, wurde in eine Mischung von zwei Theilen Schnee und drei Theilen fein gepülverten salzsauren Kalk gestellt. Es erfolgte eine ruhende Declination der Magnetnadel innerhalb des Kreises von 8° östlich wenn Antimon im Süden und Kupfer im Norden stand, und die Temperatur der Kälte erregenden Mischung am unteren Berührungspunkte — 38° R., und die des Zimmers — 6° betrug. Ein viereckiger Rahmen von Wismuth und Antimon, welche durch Schmelzung mit einander verbunden waren, zeigte sich noch wirksamer. Die Declination der Magnetnadel innerhalb desselben, stieg bis 35° westlich und hielt sich fast eine halbe Stunde so, als Wismuth im Süden, Antimon im Norden stand, und die Temperatur am unteren Berührungspunkte der Metalle — 43° R. und am oberen — 6° R. betrug. Beide zweigliedrige Ketten waren also genau so polar geworden, als wenn ihre oberen Berührungspunkte erwärmt worden wären.

im Verhältnifs ihrer Wärmeleitungsfähigkeit angemessene Länge geben mufs, und dafs diese auch dann zunehmen mufs, wenn eine gröfsere Hitze angewendet werden soll. Die Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle bestimmt auch die übrigen Dimensionen derselben. Die besseren Wärmeleiter müssen um so dünner sein, je kürzer sie sind; und je dicker die Metallstangen, desto länger müssen sie sein, wenn der höchste Grad der Wirkung erreicht werden soll. Eine Kette z. B. in welcher eine Antimonstange von 9 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke mit einem Kupferstreifen von 14 Zoll Länge, 4 Linien Breite und $\frac{1}{4}$ Linie Dicke verbunden ist, erreicht einen höheren Grad des Magnetismus bei Erhitzung des einen Berührungspunktes über einer Weingeistlampe, als verbunden mit einem 14 Zoll langen und $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Kupferbügel, aus keinem andern Grunde, als weil am dünnen Kupferstreifen die der Flamme ausgesetzten Theile sich schneller erhitzen, die übrigen Theile sich schneller abkühlen als am dickeren Kupferstabe, die Differenz der Temperatur an den Berührungspunkten im ersten Apparate also immer gröfser bleibt als im letzteren.

21. Vergröfserung der Oberfläche der sich berührenden Metalle scheint keine Verstärkung des Magnetismus zu bewirken. Wismuth- und Antimonscheiben von 6 Zoll ins Gevierte verbunden mit Kupferscheiben von gleicher Gröfse, gaben keine stärkere Declination als Scheiben von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, bei gleich starker Erhitzung des sie verbindenden Kupferbogens.

22. Wird ein Blatt Papier oder ein Goldschlägerhäutchen zwischen die beiden Metalle am kalten Berührungspunkte geschoben, z. B. zwischen Antimon und Kupfer in *a* Fig. 4, während der Berührungspunkt *b* mit einer Weingeistlampe erwärmt wird, so zeigt sich nicht eine Spur von Wirkung auf die Magnetnadel. Eine starke Bedeckung der Metalle mit Oxyd an den Berührungspunkten hebt gleichfalls die Wirkung auf; ein geringer Anflug von Oxyd schwächt sie nur. Auch flüssige Leiter verhalten sich hier isolirend. Befindet sich in *a* Fig. 4. ein mit Wasser benetztes Papierscheibchen, so bleibt die Magnetnadel vollkommen in Ruhe, wie sehr auch die Temperatur von *b* erhöht werde; es erfolgt aber sogleich eine Declination, wenn irgend ein drittes Metallstäbchen in *cd* angelegt wird. Sind die Papier- ober Pappscheiben in

a mit Säuren, oder kaustischen Kalien benetzt, so findet zwar eine Declination der Magnetnadel statt, weil die Kette nun als eine galvanische wirkt, doch wird jene, bei kleinen chemisch wirkenden Flächen, nur schwache Declination durch Erwärmung des Berührungspunktes *b* nicht im mindesten verändert, wie stark auch der Magnetismus jener Metalle bei unmittelbarer Berührung in *a*, oder bei Anlegung eines dritten Metallstreifens in *cd* sein mag (1).

Unmittelbare Berührung der Metalle ist also eine zweite wesentliche Bedingung zur magnetischen Polarisation derselben durch Temperatur-Differenz.

23. Je vollkommener die Verbindung der beiden Metalle ist, desto stärker ist ihr Magnetismus. Apparate, in denen Stäbe oder Halbkreise von Antimon und Wismuth durch Schmelzung mit Streifen von Kupferblech verbunden sind (Fig. 5, 6, 7, 8, 9.), erreichen bei gleicher Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur eine stärkere magnetische Polarität als solche, in denen sich die Metalle blofs äufserlich berühren.

24. Jene Apparate eignen sich auch vorzüglich, da sie gegen die oxydirende Einwirkung der Luft besser geschützt sind, die §. 15 bis 20 angeführten Veränderungen in den magnetischen Polarisationen der Metalle, bei einseitiger oder beiderseitiger Erwärmung oder Erkältung der Berührungspunkte, — die Steigerung, Schwächung, Aufhebung und Umkehrung der Polarität zu zeigen.

Wird z. B. eine Lampe unter dem mit Kupfer verbundenen Antimon (Fig. 5) in *a* gestellt, so erfolgt eine östliche Declination des *n*Pols der Magnetnadel zwischen *AK*; steht die Lampe unter *b* so ist die Declination westlich. Werden zwei Lampen mit gleich grofsen Flammen, und in gleichen Abständen von den Metallen, die eine unter *a*, die andere unter *b* gestellt, so bleibt die Magnetnadel im magnetischen Meridian stehen, weil dann die Temperatur in *a* und *b* gleichmäfsig erhöht wird; eine Declination der Nadel tritt aber sogleich ein, sobald die eine Flamme vergröfsert oder verkleinert, oder von ihrem Orte gerückt wird. Erwärmt man die Antimonstange oder den Kupfer-

(1) S. Zusatz 1. am Ende der Abhandlung.

streifen in der Mitte, so bemerkt man keine Declination, sie zeigt sich aber sogleich, wie man die Lampe nur ein wenig den Enden a oder b nähert, doch ist sie dann immer schwächer, als wenn die Erwärmung am Berührungspunkte der Metalle selbst geschieht; u. s. w.

Steht die Boussole unter A oder über K, so ist die Declination bei der Erwärmung von a westlich und bei der von b östlich; sie ist hier aber, bei gleichem Abstande der Magnetnadel von den Metallen, immer schwächer als zwischen AK.

25. Zur vollständigen Übersicht der magnetischen Polarisation dieser Ketten nach ihrer Wirkung auf die Declinations- und Inclinationsnadeln diene Fig. 6, wo B Wismuth, K Kupfer bedeutet.

Declination zwischen KB bei Erwärmung von a westlich } stärker
\- - - - KB - - - - b östlich } stärker
\- - über K } - - - - a östlich } schwächer.
\- - unter B } - - - - a östlich } schwächer.
\- - über K } - - - - b westlich } schwächer.
\- - unter B } - - - - b westlich } schwächer.

Inclinationen einer horizontal und B parallel gestellten Magnetnadel.

An der Ostseite von B Erhebung des n Pols } bei Erwärmung von a.
\- - - - K Senkung - - - } bei Erwärmung von a.
\- - Westseite von B Senkung - - - } bei Erwärmung von a.
\- - - - K Erhebung - - - } bei Erwärmung von a.

Entgegengesetzt sind die Inclinationen der Nadel bei der Erwärmung von b.

26. Diese durch Temperatur-Differenz magnetischen Kreise, gleichen demnach in ihrem Verhalten gegen die Magnetnadeln vollkommen den galvanischen Ketten, es mufs also auch die magnetische Thätigkeit in ihnen nach demselben Gesetze vertheilt sein (S. meine Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Ketten in den Denkschriften der Königl. Akademie von 1820-1821, §. 9. und §. 23. a. E.).

Es ist also in den Rectangeln Fig. 5. und 6, und in den Ringen Fig. 7, 8, 9. ein die Metalle erfüllender und umgebender magnetischer Wirkungskreis um eine mitten durch die Metalle gehende Achse so gestellt,

dafs + m und — m kreisförmige, einander entgegengesetzte Richtungen in jeder auf der Ebene der Metallringe perpendikulär stehenden Durchschnittsebene haben, oder, anders ausgedrückt, jeder in einer solchen Durchschnittsebene vom Mittelpunkte der Metalle ausgehende Radius ist auf der einen Seite + m, auf der entgegengesetzten Seite — m, und dies in solcher Folge und Ordnung, dafs jedem + m des einen Radius ein — m des zunächst folgenden zugekehrt ist. Die Achsen dieser einfachen magnetischen Atmosphären in den Ketten Fig. 7, 8, 9. sind also Kreise.

27. Da nun alle einander diametral gegenüber stehende Theile der magnetischen Atmosphäre eines solchen Metallringes in einander greifen, und da jedes ursprüngliche + m und — m in der inneren Hälfte des Ringes durch ein zweites + m und — m, welches durch die Thätigkeit am diametral gegenüber liegenden Theile des Ringes gesetzt ist, wegen gleicher Richtung beider, eine Verstärkung erhält, — jedes + m und — m der äufseren Hälfte des Ringes aber durch das zweite eingreifende + m und — m, wegen entgegengesetzter Richtung beider, eine Schwächung erleidet; (S. die oben angeführte Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Kette §. 13.) so bekommt + m und — m in der inneren Hälfte des Ringes ein Übergewicht über + m und — m an der äufseren Hälfte, d. h. der ganze geschlossene Kreis erhält hierdurch magnetische Pole, und es wird hierdurch die eine Seite (Grundfläche) des Ringes n Pol die andere s Pol (1).

---

(1) Zur Erläuterung des oben gesagten füge ich noch Fig. 10. hinzu, wo A und B zwei einander diametral entgegenstehende Durchschnittsebenen des Ringes von Antimon und Wismuth vorstellen. — An allen Radien sind + m und — m, innerhalb und aufserhalb der Metalle, auf die hier angegebene Art vertheilt. In der inneren Hälfte der Durchschnitte des Ringes, Ar, Br haben + und — gleiche Richtungen; das ursprüngliche + und — des Radius Ar erhält durch ein + und —, welches der äufseren Atmosphäre von B angehört, einen Zuwachs, und eben so wird das ursprüngliche + und — von B durch ein + und — von A her verstärkt. Der magnetische Wirkungskreis von B reicht aber über rA, und der von A über rB hinaus; jener wird also das ursprüngliche — und + von A bis r' dieser das ursprüngliche — und + von B bis r' schwächen, weil — und + an den Radien der äufseren Hälfte des Ringes Ar' und Br' eine entgegengesetzte Lage haben von dem + und — der in sie eingreifenden Atmosphären von B und A. Dasselbe gilt für alle Ar, Br, und Ar', Br' nahe liegenden Radien, woraus denn hervorgeht, dafs + m und — m in der

Solche durch Temperatur-Differenz magnetische Metallringe werden sich also, schwebend aufgehangen, eben sowohl gegen die Erdpole richten können, wie jede Magnetnadel, und die durch die Action der galvanischen Ketten magnetisch gewordenen Drathringe *Ampère's* (1).

28. Bei Erwärmung der Berührungspunkte *b* liegt in der Kette Fig. 5. der *n* Pol in Westen und in der Kette Fig. 6. in Osten.

Nähert man eine Magnetnadel diesen beiden Apparaten von den angegebenen Seiten her, so wird der *s* Pol derselben angezogen; an der Ostseite von Fig. 5. und der Westseite von Fig. 6. wird hingegen der *n* Pol der Nadel angezogen.

Boussolen im Innern dieser Ketten geben die Pole derselben noch einfacher an, da *s* und *n* Pol der Magnetnadel hier eine gleiche Richtung mit dem *s* und *n* Pol der Ketten anzunehmen streben. An der Seite wo der *n* Pol der Magnetnadel bei Schliefsung der Kette hervortritt, liegt auch der *n* Pol vor dieser.

---

inneren Hälfte der Ringe ein Übergewicht haben mufs über $-m$ und $+m$ in der äufseren Hälfte. Da nun alle übrige auf der Ebene der Ringe perpendikulär stehende Durchschnittsebenen sich eben so verhalten, so erhält der Ring dadurch fest stehende Pole, wie sie die Pfeile in der Mitte von Fig. 10. andeuten.

Die Stärke der ursprünglich magnetischen Spannung ist in allen von den Mittelpunkten *A* und *B* gleich weit abstehenden Punkten als gleich anzusehen. Da aber ein solcher Punkt nicht blofs mit dem in ihm selbst hervortretenden $\pm m$, sondern zugleich mit einem ihm von dem entgegengesetzten Theil der Atmosphäre mitgetheilten $\pm m$ oder $\mp m$ wirkt, so mufs hierdurch wie leicht einzusehen, die Lage der Achse der magnetischen Atmosphäre im Innern der Metalle verändert, und etwas weiter nach dem äufseren Umkreis des Ringes zu gerückt erscheinen. (Vgl. hiermit die Resultate der Versuche §. 28. der oben angeführten Abhandlung.) — Die Stärke der magnetischen Spannung innerhalb der Metalle steht aber überall (d. h. in der ganzen inneren Masse) in geradem Verhältnifs zu dem Abstande von der Achse der magnetischen Atmosphäre; ausserhalb der Metalle dagegen im umgekehrten Verhältnifs zu dem Abstande von jener Achse; — die Stärke von $\pm m$ nimmt also vom Mittelpunkte jeder transversalen Durchschnittsebene an bis zur Oberfläche der Metalle, an allen Radien, in irgend einem, noch auszumittelnden Verhältnisse zu, und von der Oberfläche der Metalle an, in irgend einem Verhältnisse ab.

(1) Ich kann nicht unterlassen hier zugleich einen Druck- oder Schreibfehler zu verbessern, welcher sich in meiner Angabe über das Verhalten der *Ampère*schen Drathringe gegen Magnetstäbe in den Abhandlungen der Akademie von 1820-1821. S. 341 findet. Zeile 15 v. u. ist zu lesen: „wurde der Ring abgestofsen; angezogen dagegen, „wenn er der äufseren Seite genähert wurde." Sk.

Werden die Ketten Fig. 7, 8, 9. mit ihrem *n* Pol (— *m*) nach Norden (+ *M*) gestellt, so findet man, wenn der warme Berührungspunkt unten liegt, Antimon in Westen, es mag mit Wismuth oder Kupfer verbunden sein; Kupfer dagegen in Westen, wenn es mit Wismuth verbunden ist (1).

29. Alle Metalle werden so zu zweien mit einander verbunden, bei eintretender Temperatur-Differenz der Berührungspunkte, zu Magneten; einige schon bei niedriger Temperaturveränderung, wie die ersten oben erwähnten Versuche gelehrt haben, — andere erst nach einer starken Erhitzung oder Erkältung.

Das magnetische Verhalten der reineren Metalle scheint fest und unveränderlich zu sein, und nur durch Zumischung anderer Metalle verändert zu werden, doch auch dies nicht in allen Fällen. Eine Kette in welcher Kupfer mit fliefsendem Wismuth verbunden ist, erhält dieselbe magnetische Polarität, wie bei der Berührung mit der Hand, — nur stärker. Die ruhende Declination einer Magnetnadel *ns* in dem Apparate Fig. 12, wo Wismuth in einem kleinen kupfernen Kessel im Flufs erhalten wurde, betrug nach der Schliefsung mit einer Wismuth-

---

(1) Hohle Cylinder von diesen Metallen sind den gewöhnlichen Magnetstäben noch ähnlicher und erreichen auch eine stärkere magnetische Polarität als jene Ringe, wenn sie an einem Berührungspunkte vermittelst eines heifsen Bolzen von gehöriger Länge oder einer Reihe von Lampen erwärmt werden. Ein Cylinder von Antimon und Kupfer (Fig. 11.) dessen Länge 8 Zoll, der Durchmesser im Lichten 4 Zoll, die Dicke des Antimons $\frac{1}{2}$ Zoll, und die des Kupferblechs $\frac{1}{10}$ Linien betrug, bewirkte eine ruhende Declination der Magnetnadel von 75°, wenn die Boussole die Enden des Cylinders berührte, und es wurde in *n* Fig. 11. der *s* Pol der Nadel, in *s* der *n* Pol derselben angezogen. Das beträchtliche Gewicht dieses Apparates und die zu schnelle Mittheilung der Wärme an den andern Berührungspunkt erschweren die Stellung desselben gegen die Pole der Erde, wenn er frei schwebend aufgehangen ist, doch kann man ihm dann durch starke Magnetstäbe leicht jede beliebige Richtung geben. Die Pfeile in Fig. 11. bezeichnen die Richtung von + *m* und — *m* in der magnetischen Atmosphäre des Cylinders, und die Nadel *sn* zeigt die Declination aufsen in der Mitte des Cylinders an. Aus diesem allen ist zu ersehen, dafs der magnetische Cylinder den gewöhnlichen Magnetstäben in der äufseren Wirkung auf die Declinations-Boussole ganz gleich ist. (Vgl. hiermit §. 23 und 25. nebst Fig. 21 und 24. der oben angeführten Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Ketten). Antimon und Kupfer waren in dem Apparate Fig. 11. durch Schmelzung mit einander verbunden.

stange, welche an dem Kupferblechstreifen K befestigt war, 60° östlich. Bei der Erwärmung durch die Hand war sie 5° bis 6° östlich gewesen. Der nPol dieser Kette lag also gleichfalls in Osten, wie der von Fig. 6. (1).

Ein ähnliches Verhalten zeigten auch Bogen von Kupfer in der Verbindung mit fliefsendem Zinn, Blei, Zink, Antimon, Messing und Silber; desgleichen Bogen von Blei mit fliefsendem Zinn, oder umgekehrt Zinnbogen mit fliefsendem Blei; auch Bogen von reinem Golde mit fliefsendem Silber oder Kupfer verbunden.

In allen diesen Ketten blieb die magnetische Polarität unverändert dieselbe, welche sie in niedrigeren Graden der Temperatur gewesen war, und die Stärke derselben war jederzeit der angewandten Hitze und der dadurch bewirkten Temperatur-Differenz der Berührungspunkte proportional. Bei den strengflüssigeren der genannten Metalle wurde folgendes Verfahren angewendet.

Das im Tiegel geschmolzene Metall wurde entweder mit den Enden eines, aus den beiden zu untersuchenden Metallen zusammengesetzten Bügels in Berührung gebracht, oder es wurde das eine Ende eines einfachen Metallbogens früher und das andere später in das zweite fliefsende Metall getaucht. Die Wirkung war in beiden Fällen dieselbe, und mufste es sein, da bei dem letzten Verfahren die Temperatur an beiden Berührungspunkten des Bogens eben so wohl verschieden war als bei dem ersten Verfahren; daher denn auch die Declination, wenn das untere Ende b zuerst in das fliefsende Metall getaucht wurde, immer die entgegengesetzte von der war, welche erfolgte wenn das obere Ende a zuerst eingetaucht wurde. Die magnetische Po-

---

(1) Beiläufig bemerke ich, dafs die Empfindlichkeit der Ketten von Wismuth und Kupfer für Temperatur-Unterschiede so grofs ist, dafs sie selbst geringe Veränderungen in der Wärme der Hände anzeigen. Man drücke zwei Stäbchen von Wismuth (ungefähr von 6 Zoll Länge und $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke) mit den Händen an die beiden Enden einer Spirale von Kupferblech, nachdem man die eine Hand eine kurze Zeit geballt, die andere offen gehalten hat, und bringe dann die beiden äufseren Enden der Wismuthstäbe in Berührung, so wird die Magnetnadel innerhalb der Spirale sogleich durch eine deutliche Declination anzeigen, dafs die Hand, welche geballt war, wärmer geworden ist.

larität war aber stärker bei dem ersten Verfahren als bei dem letzten und hielt sich auch länger in gleicher Stärke (1).

Hier einige genauere Angaben von den Wirkungen solcher nach der ersten Methode construirten Ketten auf die Magnetnadel.

Fliefsendes Wismuth mit Kupfer bewirkte bei der ersten Schliefsung eine Bewegung der Nadel von 180° und eine ruhende Declination von 60°

Fliefsendes Zinn	mit Kupfer	bewirkte eine ruhende Decl. von	12°
- Zink	- Kupfer	- - - - -	25°
- Silber	- Kupfer	- - Bew. d. Nadel -	50°-60°
- Messing	- Kupfer	- - - - -	80°
- Antimon	- Kupfer	- - - - -	90°

30. Das Verfahren dessen ich mich bei Untersuchung des magnetischen Verhaltens zweier Metalle gegen einander am häufigsten bediente, war folgendes. Die Erwärmung der sich in *b* (Fig. 2 und 3) berührenden Metalle wurde entweder durch eine heifse Scheibe von demselben Metall wie das zu untersuchende, an die Stelle von *B* und *A* Fig. 2 und 3 tretende war, bewirkt, oder, wo dies nicht geschehen konnte, da wurde eine heifse, stark oxydirte Kupferplatte angewendet, — und in

(1) Bei diesen Versuchen (welche im August 1821 angestellt wurden) kam nicht selten das eine Ende des Bogens, oder ein Theil desselben, in Flufs, welches indessen die magnetische Action nicht schwächte. — Noch bestimmter zeigten später angestellte Versuche, dafs ein beträchtlicher Theil beider Metalle flüfsig sein kann, und dafs auch dann noch die magnetische Polarisation der Ketten bei steigender Temperatur zunimmt. — Quecksilber in einer Porzellanröhre von 18 Zoll Länge zwischen zwei an den Enden befestigten Stangen von Wismuth eingeschlossen und mit einem 5 Fufs langen Bügel von Wismuth verbunden, bewirkte, als ein beträchtlicher Theil des Wismuths in Flufs gekommen war, eine ruhende Declination der aufsen auf dem Bügel stehenden Magnetnadel von 14°. In den ersten 5 Minuten stieg die Magnetnadel schnell, und bis 9°, nachher langsamer, so dafs sie erst nach 55 Minuten auf 14° kam. — In einem andern, ähnlichen Apparate, wo Quecksilber sich zwischen zwei Antimonstangen befand, stieg die Declination der Magnetnadel bis auf 19°, als das Antimon in Flufs gekommen war. — Die Metallstangen werden bei diesen Versuchen an dem Ende, welches erwärmt werden soll, fest eingekittet, an dem andern Ende aber nur mit einer feuchten Blase umwunden, in welche mehrere feine Löcher gemacht werden, damit das bei der Erwärmung sich ausdehnende Quecksilber durch diese abfliefsen kann.

beiden Fällen wurde die heifse Scheibe unter das Ende des Metallbogens gelegt. Dies letzte Verfahren kann unbedenklich überall angewendet werden, aus welchem Metall auch der Bogen bestehe, — und bei Untersuchung einzelner kleiner Metallkörner ist es, wo nicht das einzige, doch das sicherste, dessen man sich bedienen kann; nur hat man immer darauf zu sehen, dafs die heifse Kupferscheibe nie das zwischen den Enden des Bogens stehende Metall berühre.

Die sämmtlichen Resultate meiner bis zum 11. Februar 1822 angestellten Versuche über die magnetische Action der oben genannten, zu zweien mit einander verbundenen Metalle habe ich in Tabelle I zusammengestellt (1).

In dieser Tabelle bezeichnet *W* die westliche und *O* die östliche Declination, und es ist angenommen, dafs ein einfacher Metallbogen nebst dem mit ihm verbundenen zweiten Metall die in Fig. 2 und 3 angegebene, oder die umgekehrte Lage im magnetischen Meridian habe, — die Boussole innerhalb des Bogens stehe, und der warme Berührungspunkt sich immer unten befinde.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dafs die Metalle, — geordnet nach ihrer Wirkung auf die Declinationsnadel, also auch nach ihrer Lage gegen die in ihnen durch Temperatur-Differenz erzeugten magnetischen Pole, — eine besondere magnetische Reihe bilden, welche mit keiner der bekannten, aus andern Eigenschaften der Metalle abgeleiteten Reihe übereinstimmt.

Die Ortsbestimmungen der Metalle in dieser Reihe gründen sich auf vielfach wiederholte Versuche, und können für die ersten Grade der Temperatur-Differenz als sicher und unveränderlich angesehen werden (2), mit Ausnahme einiger einander nahe stehenden Metalle, wie z. B. des

---

(1) Eine ähnliche Tabelle, in welcher jedoch Gold 1, Platina 2, 3, 4, desgleichen Kupfer 1 und 3 fehlten, wurde der Akademie schon am 18. Oktober 1821 vorgelegt. Ich bemerke zugleich, dafs das in den vorhergehenden Versuchen angewandte Kupfer zu der Sorte No. 2 gehörte, die mehrmals erwähnte Spirale gleichfalls.

(2) Sie gelten aber auch für die meisten Metall-Combinationen bei sehr beträchtlichen Differenzen in der Temperatur der Berührungspunkte.

Kobalts gegen Palladium, des Quecksilbers gegen Platina 2, des Chroms gegen Zinn, ferner der Stellen von Kupfer 3, Platina 4 und Cadmium in Beziehung auf einander. Von den meisten dieser Metalle besafs ich nur kleine Körner, es konnte daher ihr Verhalten gegen einander nicht auf die gewöhnliche Weise untersucht werden, und ich ordnete sie also vorläufig nach der gröfseren oder geringeren Stärke ihrer Wirkung mit andern ihnen nahe stehenden Metallen, indem ich, — geleitet durch ein ähnliches Verhalten anderer genau bestimmten Glieder der Reihe, — denen, welche in der Verbindung mit mehreren in der Mitte der Reihe stehenden Metallen die stärkste Wirkung zeigten, eine Stelle näher nach den Enden der Reihe zu anwies. So wurde Kobalt über Palladium gesetzt, weil jenes in der Verbindung mit Kupfer 1 und Gold 1 stärker auf die Magnetnadel wirkte als dieses. Und wegen eines gleichen Verhaltens von Kupfer 3, Platina 4 und Cadmium gegen Silber und Zink, wurden jene drei Metalle in der angegebenen Ordnung unter Zink gestellt. — Später angestellte Versuche mit Streifen von Palladium und Cadmium bestätigten es, dafs die dem Kobalt, so wie dem Kupfer 3 und Platina 4 in der Tabelle I angewiesenen Stellen ihnen auch nach ihrer magnetischen Polarisation in der unmittelbaren Verbindung mit den erstgenannten beiden Metallen zukommen.

31. Die vollständige magnetische Reihe aller in den Hütten oder Laboratorien hergestellten Metalle, welche ich bis jetzt zu untersuchen Gelegenheit hatte, ist folgende:

Östlich,

1. Wismuth .... *a*) wie er hier im Handel vorkommt, enthält etwas Eisen mit Schwefel verbunden,
b) aus reinem Oxyd von Hrn. H. Rose reducirt.

2. Nickel .... *a*) eine der Akademie gehörende Stange von Hrn. Richter verfertigt,
b) mehrere Stangen und Körner von Hrn. Frick aus reinem Oxyd hergestellt.

3. Kobalt . . . . *a*) von Hrn. Hermbstädt, nach dessen Angabe nicht ganz frei von Eisen,
   b) ein von Hrn. Bergemann reducirtes Korn,
   c)* von Hrn. Barruel. Die letzteren beiden etwas stärker als das erstere mit Kupfer No. 1 wirkend.
4. Palladium . . . . *a*) von Hrn. Wollaston,
   b)* von Hrn. Barruel.
5. Platina No. 1 . . reine *a*) mehrere Stücke von Hrn. Bergemann, Frick, Jeannetty, Wollaston gereinigt,
   b) ein Tiegel aus Klaproth's Laboratorium.
6. Uran . . . . ein von Hrn. Bergemann reducirtes Korn, in Farbe dem Kobalt nahe kommend, doch kein solches aber wohl etwas Eisen enthaltend.
7. Kupfer No. 0 * zwei zu verschiedenen Zeiten von Hrn. Bergemann aus reinem Oxyd mit schwarzem Flufs reducirte Körner.
8. Mangan * . . . . *a*) reducirt von Hrn. Poggendorff,
   b) von Hrn. Barruel.
9. Titan * . . . . aus Eisenschlacken von der Königshütte in Ober-Schlesien ausgeschieden von Hrn. Karsten.
10. Messing No. 1.
11. Gold No. 1 . . . . eine Stange von ungrischem Ducatengolde aus dem Königl. Haupt-Münz-Comptoir enthielt nach der Analyse von Hrn. H. Rose 90,00 Gold, 0,66 Silber und 0,34 Kupfer und Eisen. Auch zu einem Blechstreifen ausgewalzt, nahm es dieselbe Stelle in der Reihe ein.
12. Kupfer No. 1 . . *a*) hier im Handel vorkommend, enthält nach der Analyse von Hrn. H. Rose weder Silber, Eisen, Blei noch Schwefel,
   b)* geschmolzenes von Neustadt-Eberswalde
      α) welches die Hammergare hatte,
      β) welches noch nicht hammergar war,
      γ) welches über die Hammergare hinausgetrieben worden.

13. Messing No. 2.
14. Platina No. 2 .. ein kleines geschmiedetes Stück, unbekannten Ursprungs.
15. Quecksilber .. vom reinsten im Handel vorkommenden.
16. Blei .... a) käufliches,
b) reines von Hrn. Karsten,
17. Zinn .... a) englisches,
b) böhmisches.
18. Platina No. 3 .. eine Stange 1802 von Jeanetty erstanden.
19. Chrom .... ein kleines von Hrn. Bergemann reducirtes Korn, von stahl-grauer Farbe.
20. Molybdän * .. von Hrn. Barruel.
21. Kupfer No. 2 .. hier im Handel vorkommend, enthält nach der Analyse von Hrn. H. Rose gleichfalls weder Silber, Eisen, Blei noch Schwefel.
22. Rhodium .... a) von Hrn. Wollaston,
b)* von Hrn. Barruel.
23. Iridium *..... von Hrn. Barruel.
24. Gold No. 2 .... a) durch Antimon gereinigtes aus der Fabrik der Herren Hensel und Schumann,
b)* aus dem Oxyd reducirt von Hrn. Frick.
25. Silber .... a) Kapellen-Silber in Stangen, aus dem Königl. Haupt-Münz-Comptoir,
b) aus salzsaurem Silber reducirt von Herrn Hermbstädt.
26. Zink .... a) schlesisches, wie es in den Handel gebracht wird,
b)* gereinigtes von Hrn. Bergemann. Gab mit den meisten Metallen eine stärkere Wirkung als das erstere.
27. Kupfer No. 3 .. Cämentkupfer, a) sowohl mit Eisen als
b) mit Zink aus Kupfervitriol reducirt.
28. Wolfram * .. aus reinem Oxyd mit Kohle reducirt von Hrn. Poggendorff.

29. Platina No. 4 .. *a*) der Deckel von dem oben angeführten Platinatiegel,
b) ein Löffel, *c*) ein Spatel.
30. Cadmium .... *a*) von Hrn. Bergemann,
b)* von Hrn. Strohmeyer.
31. Stahl .... mehrere Stücke englischen und deutschen Gufs- und Cämentstahls.
32. Eisen .... *a*) von den besten hier im Handel vorkommenden Stangen und Blechen.
b)* chemisch reines Eisen von Hrn. Berzelius.
33. Arsenik ...... sublimirter, ganz reiner.
34. Antimon ..... *a*) wie er im Handel vorkommt,
b)* reines, von Hrn. Bergemann und *c*)* von Hrn. H. Rose. Das letztere zeigte sich wirksamer als das käufliche.
35. Tellur .... ein Korn, von Hrn. Bergemann aus dem Oxyd reducirt.
Westlich.

32. Jedes Metall dieser Reihe bewirkt, wenn es in die Fig. 2 und 3 angegebene Lage gebracht und in *b* erwärmt wird, mit jedem der in der Reihe über ihm stehenden (hier nun an die Stelle von *B* und *A* Fig. 2 und 3 tretenden) Metalle eine östliche Declination, und mit jedem der in der Reihe unter ihm stehenden eine westliche Declination der im Innern des Kreises stehenden Magnetnadel.

Werden zwei mit einander verbundene Metalle mit ihrem *n* Pol nach Norden gerichtet, so steht, wenn der warme Berührungspunkt sich unten befindet, das in dieser magnetischen Reihe höher stehende Metall in Osten, das in der Reihe tiefer stehende in Westen; und in dieser Beziehung wird also Wismuth das östlichste und Tellur (so wie nächst diesem Antimon) das westlichste Metall der magnetischen Reihe zu nennen sein.

33. In der Stärke der magnetischen Polarisation zeigen die zweigliedrigen metallischen Ketten, bei gleicher Vollkommenheit der Verbindung und bei gleicher Temperatur-Differenz dennoch eine beträchtliche Verschiedenheit.

Die stärkste magnetische Polarität erlangen Ketten von Wismuth mit Antimon. Auch manche andere an den entgegengesetzten Enden der magnetischen Reihe stehende Metalle erreichen, unter übrigens gleichen Bedingungen, eine starke Polarität, wie z. B. Zink in der Verbindung mit Wismuth; Nickel mit Antimon; Platina 1 mit Antimon u. s. w.

Vergleicht man die Wirkung eines der Mitte der Reihe nahe stehenden Metalls, z. B. die von Kupfer 2 mit den über und unter ihm stehenden Metallen, so findet man die magnetische Polarisation um so stärker, je näher das zweite mit diesem Kupfer verbundene Metall den Enden der magnetischen Reihe steht; um so schwächer hingegen, je näher jenes Metall dem Kupfer steht.

Schwach ist überhaupt die Wirkung der meisten einander in der Reihe nahe stehenden Metalle, z. B. die von Palladium mit Platina 1; von Blei mit Zinn; desgleichen die von Wismuth mit Nickel oder Kobalt; von Antimon mit Arsenik oder Tellur; ferner die von Silber mit Zink oder Kupfer 2.

Durch diese Thatsachen könnte man veranlafst werden zu glauben, dafs unsere magnetische Reihe der Metalle, — obwohl gröfstentheils nur hervorgegangen aus Bestimmungen der Lage dieser Körper gegen die magnetischen Pole der aus ihnen gebildeten zweigliedrigen Ketten, — zugleich eine magnetische Spannungsreihe sei, in welcher die Metalle sich nach der Stärke der magnetischen Spannung geordnet hätten, — und dafs ein dem Gesetz Volta's für die electrische Spannungsreihe der Metalle entsprechendes, ähnliches Gesetz auch für jene von ihr abweichende magnetische Reihe der Metalle gelte, dem zu Folge die magnetische Spannung der verbundenen äufsersten beiden Glieder der Reihe gleich wäre der Summe der magnetischen Spannungen der mit ihnen und mit einander, der Reihe nach, verbundenen Zwischen-Glieder, — wenn alle übrige Bedingungen gleich gesetzt sind.

Die oben angeführten Thatsachen berechtigen jedoch noch keinesweges zur Aufstellung eines solchen Gesetzes, und es stehen sogar andere mit demselben in directem Widerspruch; denn es fehlt nicht an magnetischen Ketten, in denen zwei einander nahe stehende Metalle eine starke und zwei weit von einander abstehende eine schwache mag-

netische Polarität bei gleich grofser Temperatur-Differenz zeigen. — So z. B. ist die magnetische Polarität einer Kette von Tellur und Wismuth viel schwächer als die von Antimon und Wismuth. Tellur wirkt überhaupt mit mehreren Metallen schwächer als Antimon, mit denen es, jenem Gesetz zu Folge, stärker wirken sollte; mit Silber wirkt Tellur stärker als mit den meisten über dem Silber stehenden Metallen. Antimon mit Kupfer 2 verbunden, ja selbst Antimon mit Cadmium wirken stärker als Antimon mit Quecksilber; Arsenik mit Gold 1 wirkt schwächer als Arsenik mit Kupfer 2 oder mit Zink; Eisen wirkt mit den meisten Metallen schwach, namentlich mit Nickel oder Kobalt verbunden, — stärker mit Gold 1, Kupfer 1 oder Kupfer 2; Platina 1 wirkt lebhaft mit Wismuth oder Nickel, schwach mit Arsenik oder Eisen verbunden, u. s. w.

34. Die magnetische Polarisation von Ketten, welche aus mehreren einzelnen Gliedern oder mehreren Gliederpaaren zusammengesetzt sind, wird eben sowohl durch die Ordnung der Metalle in der magnetischen Reihe bestimmt, als die der zweigliedrigen Ketten.

Sind drei Metalle mit einander verbunden, so verhalten sich immer zwei Berührungspunkte in polarisirender Action einander gleich, und dem dritten entgegengesetzt. Jene eine gleiche magnetische Polarität setzenden Berührungspunkte sind die der beiden äufseren Metalle mit dem in der Reihe zwischen ihnen stehenden, und der entgegengesetzt wirkende Berührungspunkt ist der der beiden äufseren Metalle der Reihe mit einander.

Wird z. B. der Berührungspunkt *c* (Fig. 13) allein erwärmt, so ist die Declination der Magnetnadel *ns* westlich. Der *n*Pol der Kette liegt also in Westen; werden aber die Berührungspunte *a* und *b* erwärmt, so ist die Declination östlich, der *n*Pol der Kette liegt also in Osten. Dieses entspricht vollkommen der magnetischen Polarisation der beiden Metalle Wismuth und Antimon in den zweigliedrigen Ketten mit Kupfer. Denn jene Kette (Fig. 13) würde, wenn der Kupferstreifen mit dem Antimon bei *c* in unmittelbare Berührung gebracht und *a* erwärmt würde, gleichfalls eine östliche Declination bewirken, und eben so würde eine östliche Declination erfolgen, wenn der Kupferstreifen bei *c* mit Wismuth in Berührung gebracht und *b* erwärmt würde.

Bei gleichzeitiger Erwärmung von a und b in den dreigliedrigen Ketten ABK (Fig. 13) wird die magnetische Polarität stärker als sie bei einfacher Erwärmung des Berührungspunktes a oder b ist, welches, wie leicht einzusehen, eine nothwendige Folge von der vergröſserten Temperatur-Differenz zwischen den Berührungspunkten c und den beiden gleichwirkenden durch zwei Lampen erwärmten Punkten a und b ist.

Viergliedrige metallische Ketten können entweder aus zwei gleichen Paaren verschiedener wechselsweise mit einander verbundenen Metalle bestehen (Fig. 15), oder aus drei Metallen, von welchen zwei von einander veschieden an beiden Enden mit zwei einander gleichen verbunden sind (Fig. 14), oder aus vier von einander verschiedenen Metallen (Fig. 16 und 17, wo P Platina und S Silber bedeutet).

Die Kette Fig. 14 unterscheidet sich von der Fig. 13 nur darin, daſs in c zwischen Antimon und Wismuth ein zweiter Kupferstreifen eingeschoben worden; die Wirkung bei der Erwärmung der Berührungspunkte a und b bleibt also auch dieselbe, der nPol der Kette liegt dann (Fig. 14) gleichfalls in Osten; bei Erwärmung von c und d dagegen in Westen, vorausgesetzt immer, daſs die Lage der Apparate die hier angegebene bleibe.

In der Kette Fig. 15 müssen aber die in der Diagonale liegenden Berührungspunkte a und d erwärmt werden, wenn der nPol derselben gegen Osten gerichtet sein soll. Bei Erwärmung von b und c befindet er sich in Westen. — Auch hier ist die magnetische Polarität stärker bei Erwärmung beider Berührungspunkte a und d als bei der eines einzelnen derselben; die magnetische Polarität ist aber dann nicht unter allen Umständen stärker als die von einer einfachen Kette derselben Metalle von gleichem Umfang des Kreises. Z. B. in einer Doppelkette, welche aus zwei Antimonstangen von 9 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und aus zwei Streifen von Kupferblech von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge, $\frac{1}{2}$ Zoll Breite und 0,2 Linien Dicke zusammengesetzt war, betrug die ruhende Declination der Magnetnadel 10°, als der Berührungspunkt a (Fig. 15) allein erwärmt wurde. Die Declination der Nadel stieg auf 20°, als, nach erfolgter Abkühlung des Apparates, beide Berührungspunkte a und d zugleich durch zwei Weingeist-Lampen erwärmt wurden. — Eine einfache zweigliedrige Kette aus einer Antimonstange von 9 Zoll Länge,

$\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und einem Kupferstreifen von 16 Zoll Länge, $\frac{1}{2}$ Zoll Breite und 0,2 Linien Dicke bewirkte aber bei der Erwärmung mit einer einzigen der vorher angewandten Lampen eine noch stärkere ruhende Declination, nämlich von $21\frac{1}{2}°$.

Ein anderer ähnlicher Versuch mit drei Paar Antimon- und Wismuthstäben von 6 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, welche mit einem Kupferstreifen von 41 Zoll Länge verbunden waren, gab ein gleiches Resultat. Die Declination der Magnetnadel innerhalb dieser Kette, an welcher ein Berührungspunkt um den andern erwärmt war, betrug 40°. Eben so stark war die Declination der Magnetnadel innerhalb des Kreises eines mit dem vorigen Kupferstreifen verbundenen einfachen Paares jener Antimon- und Wismuthstäbe, wenn die Dauer der Erwärmung des einfachen Berührungspunktes *c* (Fig. 13) der von jenen drei Berührungspunkten gleich war.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, daſs die durch Vergröſserung der Temperatur-Differenz in den vielgliedrigen metallischen Ketten zu gewinnende Verstärkung des Magnetismus durch Vermehrung der Länge der schlechteren Wärmeleiter eine Verminderung erleidet, woraus folgt, daſs die Stärke der magnetischen Polarisation dieser Ketten überhaupt im umgekehrten Verhältniſs zu der Länge der Leiter steht. Dies bestätigten auch Versuche mit Spiralen von verschiedenen Längen, deren verstärkende Wirkung verhältniſsmäſsig und in Vergleichung mit den einfachen Bügeln um so schwächer gefunden wurde, je länger die Spiralen waren. — Es wird also auch die Verstärkung des Magnetismus in den vielgliedrigen metallischen Ketten sehr bald ihre Gränze finden, welches Verhältniſs man auch den einzelnen Theilen derselben gebe, und es werden also unsere einfachen zweigliedrigen Ketten, die aus mehreren ihnen gleichen Gliederpaaren zusammengesetzten, in der Stärke der magnetischen Polarisation, unter übrigens gleichen Bedingungen, eben so übertreffen müssen, wie die einfachen galvanischen Ketten die voltaischen Säulen (1). (Vergl. §. 14 der Abhandlung über den

(1) Diese Beobachtungen würden der Akademie im August und October 1821 vorgelegt. In wie weit sie durch später angestellte Versuche bestätigt worden, wird man aus einer der folgenden Abhandlungen ersehen.

Magnetismus der galvanischen Ketten in den Denkschriften der Akademie von 1820-1821).

In den Ketten, wo vier verschiedene Metalle mit einander verbunden sind, ist der Erfolg verschieden nach der Lage der beiden mittleren Metalle der magnetischen Reihe gegen die beiden äufseren. Es können hier zwei der einander gegenüber liegenden Berührungspunkte eine gleiche magnetische Polarität setzen, es können aber auch drei neben einander liegende Berührungspunkte eine gleiche Polarität bei der Erwärmung oder Erkältung bewirken. Z. B. in der Kette Fig. 16 befindet sich der *n*Pol derselben in Osten, wenn *a* und *b* erwärmt werden; in Westen hingegen, wenn *c* und *d* erwärmt werden. In der Kette Fig. 17 ist aber der *n*Pol nicht nur bei der Erwärmung von *a* und *b*, sondern auch bei der von *d* nach Osten gerichtet, und nur bei der Erwärmung von *c* nach Westen.

Diese Polarisationen entsprechen sämmtlich dem §. 32 aufgestellten Gesetz; es steht in diesen Ketten jedesmal das in der magnetischen Reihe höher stehende Metall in Osten, das tiefer stehende in Westen, wenn der *n*Pol derselben nach Norden gerichtet ist, und der warme Berührungspunkt unten liegt. Ein gleiches Verhalten zeigen alle vielgliedrigen Ketten, wie sie auch zusammengesetzt sein mögen; alle bestätigen also die §. 31 aufgestellte magnetische Metallreihe für die ersten Grade der Temperatur-Differenz.

Noch ist zu bemerken, dafs die magnetische Polarisation der Ketten Fig. 16 und 17 bei alleiniger Erwärmung des Berührungspunktes *c* unverändert dieselbe bleibt, es mögen die Enden der Wismuth- oder Antimonstäbe *a* und *b* sich unmittelbar berühren, oder es mögen sich hier andere Metalle, in beliebiger Zahl und Ordnung, zwischen ihnen befinden; nur in der Stärke der Polarität zeigt sich eine Verschiedenheit.

35. Die gänzliche Abweichung der magnetischen Reihe der Metalle, von der electrischen Spannungsreihe derselben wird als ein neuer und wichtiger Einwurf gegen die Hypothese von der Identität der Electricität und des Magnetismus und besonders gegen die seit Oersted's Entdeckung aufgestellten electromagnetischen Theorien, welche aus der Circulation der an den Berührungspunkten zweier Metalle mit einan-

der erregten Electricität den Magnetismus derselben ableiten, angesehen werden müssen.

Obwohl die Angaben der Naturforscher, welche sich mit Untersuchungen über die electrische Reihe der Metalle beschäftigt haben, in manchen Stücken von einander abweichen, (theils eine Folge der Verschiedenheit der untersuchten Körper, theils aber auch der angewandten verschiedenen Methoden), so ist doch die Zahl der Metalle, über deren Stelle in der electrischen Reihe kein Streit obwaltet, nicht unbeträchtlich, und eben solche sind es, welche in ihrem magnetischen Verhalten bei eingetretener Temperatur-Differenz die gröſste Abweichung zeigen; z. B. Gold und Silber, welche als die negativsten, und Zink, welches als das positivste der Metalle von allen Beobachtern anerkannt werden, ferner Platina und Quecksilber, welche als die negativsten nächst den erst genannten beiden; und Blei und Zinn, welche als die positivsten nächst dem Zink angegeben werden; deren Ordnung in der magnetischen Reihe so gänzlich von der electrischen Spannungsreihe derselben abweicht, wie die der Endglieder unserer magnetischen Reihe, des Wismuths und Antimons, denen von allen Beobachtern eine mittlere Stelle in der electrischen Reihe angewiesen wird.

In jeder electromagnetischen Theorie wird man davon ausgehen müssen, daſs ein festes Verhältniſs zwischen der electrischen und magnetischen Polarisation bestehe, und dieses wird überall demjenigen gleich seyn müssen, welches wir am Auslader der Leidner-Flasche finden, d. h. es wird, wenn der n Pol desselben gegen N gewendet ist, und der Bogen oben steht, $+E$ von Westen durch den Zenith nach Osten gerichtet seyn müssen. Soll nun die im Contact der Metalle sich entbindende Electricität die Ursache der magnetischen Polarisation unserer zweigliedrigen Ketten seyn, so muſs die Differenz der Temperatur eine Aufhebung der Gleichheit der Electricitätserregung, welche vorher an diesen Punkten bestand, bewirken, und es wird die Trennung der Electricitäten an einem der beiden Berührungspunkte das Übergewicht über die am andern haben müssen, es wird also an einem derselben die Quantität der frei werdenden und jener Hypothese zu Folge in Circulation gesetzten Electricitäten gröſser seyn müssen als am andern Berührungspunkte.

Nun finden wir in einigen unserer zweigliedrigen metallischen Kreise, das — E Metall der electrischen Reihe Volta's in Westen, das + E Metall in Osten; in andern das + E Metall in Westen das — E Metall in Osten, wenn der Nordpol derselben gegen Norden gerichtet ist, und der warme Berührungspunkt sich unten befindet.

Es theilen sich also jene zweigliedrigen metallischen Ketten in electrischer Beziehung in zwei Arten, welche sich darin von einander unterscheiden, dafs in der ersteren + E und — E am kalten Berührungspunkte die zur magnetischen Polarisation geforderten Richtungen haben, und dafs in der zweiten Art von Ketten + E und — E am kalten Berührungspunkte die entgegengesetzte Richtung von der geforderten haben.

In der ersten Art von Ketten, d. h. in denen, in welchen das sogenannte — E Metall (dasjenige welches im Contact mit dem andern — E wird) unter den angegebenen Bedingungen in Westen liegt, wird also die Electricität am kalten Berührungspunkte als die überwiegende, die den Magnetismus erzeugende angesehen werden können, und es wird also die Wärme in dieser Art von Ketten die ursprüngliche Electricitätserregung schwächen oder umkehren müssen.

In der zweiten Art von zweigliedrigen Ketten, wo das + E Metall in Westen liegt, würde dagegen Wärme eine Verstärkung der ursprünglichen electrischen Polarisation bewirken müssen, und es würde der wärmere Berührungspunkt als der die magnetische Polarisation hervorbringende anzusehen seyn.

Einige vergleichende Versuche, welche ich über das electrische Verhalten einiger der wichtigeren Metalle anstellte, bestätigten jene Annahme keinesweges; sondern es ergab sich vielmehr aus denselben, dafs die electrischen Polarisationen zweier Metalle aus jenen beiden Arten von Ketten immer dieselben bleiben, die Metalle mögen sich in gewöhnlicher Temperatur von 12° bis 14° R. befinden, oder es mögen beide gleichmäfsig in der Temperatur bedeutend erhöht seyn.

Scheiben von denselben Metallen, deren ich mich zu den magnetischen Versuchen bedient hatte, ordneten sich nach der Berührung und Trennung in gewöhnlicher Temperatur folgendermafsen:

+ *E* Zink, Blei, Zinn, Antimon, Wismuth, Eisen,
Kupfer No. 2, Platina No. 1, Silber — *E* (1)

Auf gleiche Weise ordneten sich jene Metallscheiben, als die beiden, welche mit einander in Berührung gebracht wurden, vorher gleich stark erwärmt worden waren.

So fand ich

+ *E*		— *E*
Zink	mit	Wismuth
Zink	-	Antimon
Zink	-	Silber
Blei	-	Silber
Antimon ...	-	Kupfer 2.
Wismuth ..	-	Kupfer 2.
Antimon ...	-	Silber
Wismuth ..	-	Silber

In dem ersten, dritten, fünften und siebenten dieser Metallpaare hätte, der oben aufgestellten Hypothese zu Folge, Wärme eine Verstärkung und im zweiten, vierten, sechsten und achten Paare eine Schwächung der electrischen Polarisation bewirken sollen. Dies geschah nicht.

Eine geringe Verschiedenheit der electrischen Spannung zwischen erwärmten und kalten Metallen wurde zwar einigemal bemerkt, doch keine die constant gewesen wäre, und den zu machenden Forderungen entsprochen hätte (2).

---

(1) Bei diesen Versuchen wurde bemerkt, dafs Blei mit rauher Oberfläche — *E* wird gegen Zinn mit polirter Fläche, dafs aber Blei mit polirter Fläche gegen das vorige Zinn + *E* wird.

(2) Später unternommene umfassendere Untersuchungen über die electrische Polarisation der Metalle nach der Erwärmung bestätigten die eben angeführten Thatsachen, es wurden aber zugleich noch andere entdeckt, welche der Lehre von der Identität der Electricität und des Magnetismus eben so wenig günstig sind als jene. Eine ausführliche Nachricht von diesen Untersuchungen wird in dem folgenden Bande der Denkschriften der Königlichen Akademie erscheinen, woraus ich hier nur folgendes anführen will. Es hat sich aus einer beträchtlichen Zahl von Versuchen ergeben, dafs jedes Metall, wenn es bis zu einem bestimmten Grade erhitzt worden, — *E* wird in der Be-

Wie nun aus diesen Versuchen vorzüglich die Unabhängigkeit der magnetischen Polarisationen jener zweigliedrigen Ketten von der Richtung der freien Electricitäten in den verschiedenen Temperaturzuständen der Metalle hervorgeht, so zeigen andere Thatsachen noch entschiedener als die vorhergehenden, dafs zwischen der Stärke der magnetischen und electrischen Polarisation kein festes Verhältnifs besteht.

Denn

die magnetische Polarität ist stark
in Kreisen deren electrische Spannung

stark ist,	schwach ist,
Wismuth mit Zink	Kupfer 2 mit Wismuth
	Antimon - Wismuth

Die magnetische Polarität ist schwach
in Kreisen deren electrische Spannung

stark ist,	schwach ist,
Kupfer 2 mit Zink	Silber mit Kupfer 2
Kupfer 2 - Blei	Zinn - Blei

Es ergiebt sich aus allen diesen Erfahrungen, dafs die magnetische Polarisation jener Ketten nicht aus der an einem der Berüh-

---

rührung mit einem zweiten Metall, welches kalt ist, und dafs dieses dann immer + *E* wird, es mag nun in der auf gewöhnliche Weise ausgemittelten electrischen Spannungsreihe über oder unter dem ersteren stehen. Dies gilt nicht blos von Metallen, die in dieser electrischen Spannungsreihe einander nahe stehen, sondern auch von denen, die weit von einander abstehen, wie z.B. Zink mit Kupfer.

Auf die magnetische Polarisation zweier Metalle hat es aber keinen Einflufs ob das an einem Ende allein erwärmte Metall mit dem andern dasselbe berührenden kalten Metall + *E* oder — *E* wird; die magnetische Polarisation der geschlossenen Kette bleibt nach der Umkehrung der electrischen Polarisation dieselbe, welche sie vor derselben war; auch ist es ganz gleichgültig, ob die beiden bei diesem Versuche mit einander verbundenen Metalle zu den Ketten der ersten oder der zweiten Art gehören.

Dafs es jedoch auch Fälle giebt, wo in zweigliedrigen Ketten bei starker Erhitzung einzelner Metalle und Metalllegirungen Umkehrungen der magnetischen Polarisationen erfolgen, davon werden weiter unten mehrere Beispiele vorkommen, diese Erscheinungen treten aber nur an einigen Metallen und hier auch erst in höheren Temperaturgraden ein, als bei den vorhergehenden Versuchen statt fanden, — in denselben und in niedrigern Temperaturgraden aber nur bei einigen der leichtflüssigen Metalllegirungen.

rungspunkte sich trennenden, frei werdenden, und den Electrometern mittheilbaren gröfseren Quantität der Electricitäten allein abgeleitet werden könne, und man also auch so lange nicht berechtigt sei, diese Ketten electromagnetische zu nennen, als bis etwa eine andere Quelle der Electricitätserregung als die an den Berührungspunkten der Metalle vorhandene, oder eine durch den Contact der Metalle zwar erregte, aber vielleicht (nach Volta's Vorstellung) nicht genugsam cohibirte, und von der freien sich am Electrometer auf unzweideutige Weise offenbarenden Electricität, unabhängige, zuweilen dieser gleich, zuweilen ihr entgegengesetzt circulirende Electricität nachgewiesen worden u. s. w., kurz bis die oben angeführten, mit jenen electromagnetischen Theorien in Widerspruch stehenden Thatsachen befriedigend aufgeklärt sind.

36. Dafs die Weingeistflamme, welche gewöhnlich zur Erwärmung der Metalle angewendet wurde, nicht als das die thätige Electricität in unsern magnetischen Ketten erregende Glied angesehen werden könne, ergiebt sich schon aus den ersten Versuchen und auch aus den §. 19 und 20. angeführten Thatsachen, welche keinen Zweifel übrig lassen, dafs es bei diesen magnetischen Erscheinungen wohl auf die Temperatur-Differenz, nicht aber auf die Art, wie sie zu Stande gebracht wird, ankommt (1).

In Beziehung auf Morichini's Erfahrung, über das Vermögen des blauen und violetten Lichtes, Magnetismus in Stahlnadeln zu erregen, wurden auch einige Versuche mit jenen zweigliedrigen Ketten im farbigen Lichte angestellt. Die Resultate waren folgende.

Fiel das Sonnenlicht durch eine tief gelbroth gefärbte, 4 Zoll im Durchmesser haltende, im Laden der dunkeln Kammer befestigte, geschliffene Glasscheibe, und durch ein, nahe hinter derselben aufgestelltes, vierzölliges Brennglas, so wurde die in den Focus dieser Linse gebrachte Wismuthstange zwar langsam erwärmt, doch bewirkte sie mit

(1) Auch von der Gegenwart der Luft scheint die Erregung des Thermomagnetismus unabhängig zu seyn. Denn in einem neulich angestellten Versuche fand ich die Declination der Magnetnadel in einer Kette von Kupfer und Wismuth, unter der Glocke einer Luftpumpe, bei einem Barometerstande von höchstens $4\frac{1}{2}$ Linien, der Richtung und Gröfse nach derjenigen Declination ganz gleich, welche nach zugelassener Luft bei der vorigen Temperatur-Differenz statt fand.

einem Kupferstreifen verbunden, ganz dieselbe Declination der Magnetnadel, und dem Anschein nach auch weder schwächer noch stärker, als sie auf jede andere Weise erwärmt, bei gleichem Temperaturgrade gethan haben würde. Ein gleiches unverändertes Verhalten zeigte auch Antimon nach der Erwärmung im rothen Lichte, sowohl in der Verbindung mit Kupfer als mit Wismuth. — Fiel das Sonnenlicht durch dunkelblaues Glas auf die Linse, so erfolgte eine noch langsamere Erwärmung der Wismuth- oder Antimonstäbe als vorhin, und in demselben Grade war ihre Wirkung in der Verbindung mit Kupfer oder mit einander auch schwächer als beim vorigen Versuche. Die stärkste und schnellste Wirkung zeigte sich, wenn die Metallstäbe im reinen Sonnenlichte vermittelst der Linse erwärmt wurden, — wie zu erwarten war.

37. Die Ordnung verschiedener gediegenen Metalle in der magnetischen Reihe giebt folgende Tabelle an.

Künstlich hergestellte Metalle.	Gediegene Metalle.	
Wismuth	Wismuth von Schneeberg mehrere Stufen.	
Nickel		
		Meteoreisen aus Sibirien - Zacatecas in Mexico - Elnbogen - Agram - Tucuman - Plan b. Tabor (angeblich) - Gouv. Minsk - Eibenstock - New-Orleans* - Tocavita bei Bogota*

Künstlich hergestellte Metalle.	Gediegene Metalle.	
Platina No. 1.	Platina *A*, von Cerro di Frio in Brasilien, mehrere Körner.	
Gold No. 1.		
Zinn		
	Gold *A*, *a*) messingfarbiges aus Siebenbürgen, *b*) von Peru *c*) von Catharinenburg.	Fossiles gediegen Eisen von Grofs-Kamsdorf aus Klaproth's Sammlung.
	Silber *A*, gröfstentheils v. Kongsberg, auch v. Wittichin im Fürstenberg. u. s. w. zusammen 10 Stufen.	
Kupfer No. 2.		
Gold No. 2.	Gold *B*, *a*) mehrere dodekaedrische Krystalle, *b*) aus Brasilien mehrere Stücke, worunter ein 4 Mark schweres Korn, *c*) aus der Bucharei, *d*) von Gora Blagodat an der Ostseite des Ural.*	
Silber	Silber *B*, vier Stücke, worunter *a*) ein haarförmiges, *b*) ein 5½ Mark schweres Stück mit Hornerz aus Peru, u. s. w.	
Kupfer No. 3.	Kupfer, gröfstentheils aus Sibirien, doch auch aus Cornwall und Sachsen u. s. w. zwölf Stück.	

Künstlich hergestellte Metalle.	Gediegene Metalle.	
Platina No. 4.	Platina *B*, *a*) das groſse 4 Loth schwere Korn, welches Hr. A. v. Humboldt dem Königl. Mineralienkabinet geschenkt hat. *b*) alles gröſsere Platinageschiebe von Santa Fé u. Choco.	Gediegen Eisen von New Jersey.
Cadmium*		
Stahl		Aachner gediegen Eisen.
Stabeisen		Meteoreisen von der Collina di Brianza bei Villa in Mailand. Unechtes gediegen Eisen von Groſs Kamsdorf. Gediegen Eisen aus der Grafschaft Sayn-Altenkirchn.
Arsenik	Arsenik (Scherbenkobalt)	
Antimon	Antimon, mehrere Stücke von Allmont.	
Tellur	Gediegen Tellur, mehrere Stücke.	

Die in der ersten Spalte genannten Metalle sind dieselben, welche die §. 31. angeführte magnetische Reihe bilden, und welche auch hier, in Form von einfachen Bogen, zur Bestimmung des Verhaltens der gediegenen Metalle angewendet wurden.

Den gröfsten Theil der gediegenen Metalle finden wir an denselben Stellen, welche die gleichnamigen künstlich hergestellten Metalle einnehmen, mit Ausnahme von Gold *A*, Silber *A* und den meisten gediegen Eisenstufen.

Die gediegene Platina *A* aus Brasilien steht in der magnetischen Reihe an derselben Stelle mit der chemisch reinen Platina No. 1. Es befindet sich aber auch jene gediegene Platina nach Wollaston's Untersuchungen (*Philos. Trans.* 1809) im Zustande von beinahe völliger Reinheit.

Die unserer Platina No. 4. sich gleich verhaltende gediegene Platina *B*, ist die aus Neu Granada und Peru zu uns kommende, welche bekanntlich noch mehrere andere Metalle enthält. Dies scheint anzudeuten, dafs die §. 31. unter Platina No. 4. angeführten Geräthe nur aus roher peruanischer Platina verfertigt worden, und dafs auch die in den Tabellen mit No. 2 und 3. bezeichneten Platinasorten nicht völlig von den übrigen ihnen im natürlichen Zustande beigemischten Metallen befreit worden, und dafs jene beiden Sorten dadurch eine tiefere Stelle in der Reihe erhalten haben (1).

---

(1) Aus später angestellten Versuchen hat sich ergeben, dafs rohe Platina mit Arsenik zusammengeschmolzen, bei einem Gehalt von ungefähr $9\frac{1}{2}$ Procent Arsenikmetall, eine noch tiefere Stelle in der magnetischen Reihe einnimmt, als Platina No. 4. Da man sich nun häufig des Arseniks zur Reinigung und weiteren Bearbeitung der Platina bedient hat, so könnte es seyn, dafs zu dem §. 31. angeführten Tiegeldeckel eben so wohl gereinigte Platina angewendet worden, als zu dem Tiegel selbst, dafs aber der Arsenik von jenem nicht vollständig abgetrieben worden. Das äufsere Ansehen jenes Deckels, welcher nebst dem Tiegel im Feuer gewesen, scheint dies zu bestätigen. Der Tiegel ist unverändert geblieben, der Deckel aber ist blasig geworden, und hat ganz das Ansehn der Platinakörner unmittelbar nach dem Abtreiben des Arseniks.

Die thermomagnetische Action der Metalle giebt also ein leichtes Mittel an die Hand, die Platina, welche gegenwärtig für die reinste gehalten wird, von der, welche noch die den Platinaerzen beigemischten Metalle oder Arsenik enthält, zu unterscheiden; doch, wohl zu merken, nur so lange als eine mäfsige Wärme angewendet wird; — denn in höheren Temperaturgraden ändert sich das Verhalten der letzteren, wie man aus weiter unten vorkommenden Angaben genauer ersehen wird.

Gediegen Gold *B*. Die dodekaëdrisch krystallisirten Körner, nebst den übrigen sich ihnen gleich verhaltenden Goldstufen sind für reines Gold zu halten, da sie mit dem chemisch reinen Golde No. 2. eine gleiche Stelle in der Reihe einnehmen. Die Reinheit eines der Körner vom gediegenen Golde aus Brasilien ist auch durch chemische Analyse bestätigt worden.

Als reines Silber können die vier Stufen gediegenen Silbers *B* angesehen werden, da sie sich dem reinsten künstlich dargestellten Silber gleich verhalten.

Die mit Silber *A* bezeichneten Stufen enthalten wahrscheinlich fremdartige Beimischungen, und eben so auch die mit Gold *A* unter den gediegenen Metallen angeführten Stücke. In einem messingfarbigen Golde von Eula in Böhmen hat Lampadius auf 96, 9 Gold, 2, 0 Silber und 1, 1 Eisen gefunden (S. dessen Handbuch der chemischen Analyse S. 252.). Sollte vielleicht der Eisengehalt diesen beiden gediegen Goldstufen *A* die höhere Stelle in der magnetischen Reihe geben? Es wird dies um so wahrscheinlicher, da auch unser Gold No. 1. (dem jene in ihrem Verhalten nahe kommen), nach der Analyse von Herrn H. Rose eisenhaltig ist, und da Goldstücke, welche bloſs Silber oder Kupfer enthalten, diese Stelle in der Reihe nicht einnehmen. — Das Gold von Peru und das von Catharinenburg haben eine hellgelbe Farbe, und letzteres sitzt auf Brauneisenstein; ein Grund mehr an den Eisengehalt desselben zu glauben.

Alles gediegen Kupfer befindet sich an derselben Stelle, welche das künstlich erzeugte Cämentkupfer (No. 3. der Tabelle §. 31.) einnimmt. Sollte jenes vielleicht gleichen Ursprungs mit diesem seyn? Das häufige Vorkommen des braunen Eisenochers bei dem gediegen Kupfer, (S. Hofmanns Handbuch der Mineralogie B. III. 2. S. 88.) scheint gleichfalls dafür zu sprechen. Unter den zu magnetischen Versuchen angewandten Kupferstufen befanden sich mehrere durch Krystallisation und Farbe ausgezeichnet schöne Stücke (1).

---

(1) Das Cämentkupfer, welches durch Eisen aus Kupfervitriol hergestellt worden, behält, wie ich später gefunden habe, die Stelle zwischen Zink und Platina No. 4. in der magnetischen Reihe nur so lange, als es in der ursprünglichen Form, wie es reducirt worden, bleibt. Wird es im Thontiegel für sich, ohne Zusatz irgend eines Fluſs-

Das gediegen Tellur enthält nach einer hier von Herrn Berzelius angestellten Untersuchung eine beträchtliche Quantität Selenium. Das von Herrn Bergemann reducirte, jenem gleich wirkende Tellur ist von Selenium gänzlich frei.

Gediegen Eisen finden wir in der magnetischen Reihe an drei verschiedenen Stellen. Die höher stehenden enthalten fremdartige Beimischungen; die am tiefsten stehenden sind reines Eisen.

Von den meisten der über Platina No. 1. stehenden Meteoreisen ist bekannt, dafs sie Nickel enthalten. Dieses Metall mag wohl vorzüglich dazu beitragen, dem Eisen eine so hohe Stelle in der Reihe zu geben; denn auch andere, im reinen Zustande in der magnetischen Reihe tief stehende Metalle, werden, gleich dem Eisen, durch Beimischung von Nickel über Platina 1. hinaufgerückt, wovon man weiter unten einige Beispiele finden wird (1).

---

mittels geschmolzen, so zeigt es nach dem Erkalten genau das magnetische Verhalten des Kupfers No. 2. — Ob geschmolzene gediegene Kupferkrystalle sich eben so verhalten, habe ich nicht Gelegenheit gehabt zu untersuchen. Octaëdrische und pyramidale Garkupfer-Krystalle unterscheiden sich von den gediegenen Kupferkrystallen gleichfalls dadurch, dafs sie die Stelle von Kupfer No. 2. einnehmen.

(1) Das Meteoreisen von New-Orleans würde eine Ausnahme machen, wenn es wirklich nach der demselben beigefügten englischen Etiquette, und der mit dieser übereinstimmenden, aus dem *American mineralogical Journal* entlehnten Notiz im *Journal des Mines* 1812. Sept. p. 235. keinen Nickel enthielte, da es in seiner thermomagnetischen Wirkung den übrigen nickelhaltigen Meteoreisen vollkommen gleich kommt. Aber auch jenes Meteoreisen enthält Nickel, wie schon aus einem in den Göttinger gelehrten Anzeigen von 1819. Stück 47. mitgetheilten Auszuge aus dem oben erwähnten *American mineralogical Journal* zu ersehen ist, welches auch Herrn Chladni bestimmt hatte, dieses Meteoreisen in seinem Werke über die Feuermeteore S. 344. zu den nickelhaltigen zu zählen. Später hatte Herr Chladni Gelegenheit das *American mineralogical Journal*, in welchem von jenem Meteoreisen zuerst Nachricht gegeben worden, selbst zu sehen, und er führt daraus in seinen neuen Beiträgen zur Kenntnifs der Feuermeteore u. s. w. in Gilberts Annalen 1821. Stück 8. S. 343 an, dafs die Herren Gibbs und Siliman diese Eisen untersucht, und Nickel darin gefunden haben. Das Stück New-Orleanser Meteoreisen, mit welchem ich die thermomagnetischen Versuche angestellt habe, kommt im äufseren Ansehen dem Meteoreisen von Elnbogen am nächsten. Ich verdanke jenes Herrn Berzelius, welcher es mir im October 1822. zur Vergleichung mit dem §. 31. angeführten reinen Eisen zu senden die Güte hatte.

Auch von dem Bitburger, in Chladni's neuen Beiträgen u. s. w., Gilberts Annalen 1821. Stück 8. S. 342 erwähnten, gleichfalls nickelhaltigen Meteoreisen

Das Meteoreisen von der Collina di Brianza in Mailand zählt Herr Chladni in seinem Werke über Feuermeteore S. 349. zu den problematischen Meteoreisen, doch ist er geneigt, an den meteorischen Ursprung desselben zu glauben, sowohl wegen des äufseren Ansehens der ganzen Masse als auch wegen der Weisse desselben, wodurch es sich von dem gewöhnlichen Eisen, welches dunkler ist, unterscheidet. Nach den Analysen von Guidotti, Klaproth und Gehlen enthält es keinen Nickel, und auch kein Chrom, Phosphor und Kohlenstoff, sondern ist sehr reines Eisen, mit einer kleinen Spur von Braunstein und Schwefel. In der magnetischen Reihe nimmt dieses Meteoreisen (für welches es, nach allem was Herr Chladni davon anführt, wohl zu halten ist), mit dem chemisch reinen Eisen von Herrn Berzelius genau dieselbe Stelle ein. —

Das gediegen Eisen von Grofs Kamsdorf ist dasselbe, welches Klaproth in den Beiträgen zur chemischen Kenntnifs der Mineralkörper B. IV. S. 102. u. f. beschrieben hat, und welches 92,5 Eisen, 6,0 Blei und 1,5 Kupfer enthält.

Das unechte gediegen Eisen von Grofs Kamsdorf, gleichfalls aus Klaproth's Sammlung, steht unter dem Stahl, und ist ohne Zweifel nur Stabeisen, dem es auch in der Farbe gleicht. Dasselbe gilt von dem angeblichen gediegen Eisen aus der Grafschaft Sayn-Altenkirchen, dessen Ursprung überdem ungewifs ist, da es nicht in einer Grube, sondern auf einem mit Erz beladenen Karren gefunden worden ist.

Das Aachner gediegen Eisen steht in der magnetischen Reihe noch über dem Stahl, doch unter Platina 4, (und wie ich später gefunden habe, auch unter Cadmium). Hierdurch könnte man veranlafst

---

habe ich so eben durch gütige Mittheilung von Herrn Weifs Gelegenheit gehabt ein paar Stücke zu untersuchen. Auch dieses nimmt dieselbe Stelle in der magnetischen Reihe ein, wie die übrigen nickelhaltigen Meteoreisen, was auch noch besonders deshalb Aufmerksamkeit verdient, weil dieses Eisen im Frischfeuer bearbeitet worden war. Herr Karsten hat in diesem Eisen, 9,78 Procent Nickel und 1,47 Procent Schwefel, aber weder Kobalt, noch Chrom und Mangan gefunden, und schätzt den Kohlengehalt desselben auf höchstens $\frac{1}{2}$ Procent.

Das Meteoreisen von Tocavita bei Bogota, welches Herr A. v. Humbold dem Königlichen Mineralienkabinet neuerlich geschenkt hat, enthält nach der Analyse der Herren Rivero und Boussingault 91,41 Eisen und 8,59 Nickel.

werden, es für ein dem gefrischten Eisen nahe kommendes Roheisen zu halten; (vgl. hiermit die weiter unten befindliche Tabelle über das Verhalten der Roheisen) (1).

Das gediegen Eisen von dem Shulys-Gebirge in New-Jersey enthält Graphit. Auch dieses steht über Stahl, und auch über Cadmium, doch unter Platina 4, mit welchem es schwächer als das Aachner Eisen wirkt.

38. Die Ordnung der schon oben §. 10. erwähnten Erze in der magnetischen Reihe der künstlich hergestellten Metalle ist bei der ersten Temperatur-Differenz der Berührungspunkte, folgende: (2).

Künstlich hergestellte Metalle.	Erze.	
	Bleiglanz	
Wismuth		
	Schwefelkies	Wismuthspiegel aus Deutsch-Pilsen in Ungarn.
	Arsenikkies	
	weifser Speiskobalt	Magneteisenstein *a*) zwei kleine Octaëder, *b*) zwei Stücke von Baltimore.
	grauer Speiskobalt	
Nickel		
	Kobalt-Nickelglanz	Eisenglanz, spiegelflächiger aus d. Schweiz.
	Kupferkies	
	Nickel-Antimon von Wilmsdorf	
Platina No. 1.		
	Kupfernickel	

(1) Vielleicht ist es jedoch ein Meteoreisen, mit dem ein ähnlicher Versuch, wie mit dem Bitburger Eisen, es zu Stabeisen zu verarbeiten, gemacht worden, welcher aber wegen beträchtlichen Arsenikgehaltes der Masse (der nach Monheim 15 Procent Arsenikmetall beträgt), mifsglückte.

(2) Diese vollständige Tabelle wurde der Akademie am 11. Februar 1822. vorgelegt.

Künstlich hergestellte Metalle.	Erze.	
Gold No. 1.		
		(Straliger Graubraunstein).
		(Zinngraupen).
Kupfer No. 2.		
		(Glanzkobalt).
Zink		
	Englischer Graphit	
Stahl		
Stabeisen		
	Blättriger Magnetkies von Bodenmais	Silberhaltiger Wismuthspiegel aus Deutsch-Pilsen in Ungarn.
Antimon		
	Kupferglanz	
	Buntkupfererz	

Von allen metallhaltigen Körpern ist Bleiglanz bis jetzt der Einzige, welchen ich über Wismuth stehend gefunden habe.

Die am andern Ende der Reihe unter Antimon stehenden Erze, Kupferglanz und Buntkupfererz, weichen in ihrem Verhalten gegen die ihnen zunächst stehenden Metalle wenig vom Tellur ab; — ob sie über oder unter dieses zu stellen sind, hat noch nicht ausgemittelt werden können.

Merkwürdig ist die Vertheilung der Eisen- und Kupfererze in der Metallreihe nach ihrem verschiedenen Schwefelgehalt, indem dieje-

nigen dieser Erze, welche sich im Maximo ihres Schwefelgehaltes befinden, wie Schwefelkies und Kupferkies, in der Nähe der östlichsten Metalle; diejenigen aber, welche sich im Minimo ihres Schwefelgehaltes befinden, wie der blättrige Magnetkies, desgleichen Kupferglanz und Buntkupfererz in der Nähe der westlichsten Metalle der Reihe ihre Stelle erhalten. Dies ist um so merkwürdiger, da der Körper, durch welchen die Ortsbestimmung jener Erze veranlafst zu werden scheint, — der Schwefel — zu denen gehört, welche für sich mit den Metallbogen zu Kreisen verbunden, im festen Zustande, nicht magnetisch werden.

Nicht alle Schwefelkiese, und auch nicht aller Bleiglanz wirken gleich stark mit den Metallbogen, und es verdient das abweichende Verhalten einiger dieser Erze noch weitere Untersuchung.

Bemerkenswerth ist ferner, dafs die geringe Zahl der wirksamen Erze sich an den äufsersten Enden der magnetischen Reihe anhäuft, und dafs keines entschieden über das sechste Metall an den beiden Enden unserer Reihe, gegen die Mitte zu, zu stehen kommt.

Die in Klammern eingeschlossenen neben Kupfer 2. befindlichen Erze, Grau-Braunsteinerz, Zinngraupen und Glanzkobalt, sind nicht als Ausnahmen von jener Regel anzusehen; sie sind blos deshalb hierher gestellt worden, weil sie nur mit Kupfer 2, nicht aber mit den übrigen Metallstreifen eine hinlänglich deutliche Wirkung zeigten. Dafs sie in höheren Temperaturgraden als denen, welchen sie bei diesen Versuchen ausgesetzt wurden, sich auch mit den übrigen Metallen wirksam zeigen werden, ist sehr wahrscheinlich. Glanzkobalt zeigte auch wirklich bei stärkerer Erhitzung mit Gold 2, mit dem er vorher nicht gewirkt hatte, eine schwache Action, der zu Folge er unter dieses Metall zu setzen wäre (1).

---

(1) In einer Reihe von Versuchen, welche im Juny und July 1822. angestellt wurden, fand ich, dafs concentrirte Schwefelsäure und Salpetersäure in der thermomagnetischen Reihe der Metalle über Wismuth, — und dafs concentrirte Natron- und Kali-Auflösungen unter Antimon und Tellur zu stehen kommen; dafs sich aber die Stelle der Säuren und Kalien ändert, wenn sie verdünnt werden. Eine ausführliche Beschreibung von diesen und andern hierher gehörenden Versuchen enthält eine Abhandlung, welche im nächsten Bande dieser Denkschriften erscheinen wird.

Das von Herrn Weiss Wismuthspiegel benannte Erz ist das sehr seltene Fossil, welches von Herrn v. Born Molybdänsilber und von Klaproth Wismuthglanz von Deutsch-Pilsen genannt worden. Es besteht nach der Analyse von Herrn Berzelius aus Tellur- und Selen-Wismuth.

Das Erz, welchem Herr Weiss den Namen, silberhaltiger Wismuthspiegel gegeben hat, befand sich in der ehemaligen Sammlung Klaproth's, und war von diesem gleichfalls als Wismuthglanz von Deutsch-Pilsen bezeichnet worden (1).

Kobalt-Nickelglanz ist ein neues, von Herrn Weiss so benanntes Fossil, welches sich in Klaproth's Sammlung unter dem Namen Gediegen Arsenikal-Nickel befand (2).

Die magnetische Wirkung der Erze ist in der Regel mit den ihnen in der Reihe nahe stehenden Metallen schwach; so z. B. erregen Schwefelkies, Arsenikkies, Wismuthspiegel und Magneteisenstein mit Wismuth verbunden nur schwachen Magnetismus während Speiskobald mit Wismuth bei gleicher Temperatur-Differenz sich sehr wirksam erweist.

Der englische Graphit zeigte mit Antimon keine deutliche Declination, aber wohl mit Zink und mit Stahl. Nicht aller Graphit verhielt sich diesem gleich; manche Sorten nahmen höhere Stellen in der Reihe ein, und die meisten wirkten schwächer, als der feine englische Graphit.

39. Noch wurden folgende Erze untersucht:

Glaserz, krystallisirtes	Fahlerz
- sprödes	Graugültigerz
Rothgültigerz	Weifsgültigerz

(1) Herr H. Rose, welchem Herr Weifs dieses Erz wegen der zweifelhaften Identität des von Klaproth analysirten Wismuthglanzes von Deutsch-Pilsen (s. dessen Beiträge zur chemischen Kenntnifs der Mineralien. B. I S. 253. u. f.) mit diesem Exemplar oder mit dem von Herrn Berzelius bereits untersuchten, zur Untersuchung mitgetheilt hatte, hat gefunden, dafs es aus Tellur-Wismuth und Tellur-Silber mit geringer Spur von Selen und Antimon besteht (S. Gil. Ann. 1822. Stck. 10 S. 191).

(2) Nach Herrn H. Rose's Untersuchung mit dem Löthrohre besteht es gröfstentheils aus Kobalt und Arsenik.

Zinnkies	Titaneisen
Spiefsglanzbleierz	Iserin
Zinkblende, schwarze, braune und gelbe	Rutil
	Hornsilber
Wismuthglanz von Riddarhytta	Hornblei
Nadelerz	Bleivitriol
Rauschgelb	Weifsbleierz
Wasserblei	Grünbleierz
Rotheisenstein	Eisenvitriol
Chromeisen	Kupfervitriol
	u. s. w.

Von allen diesen Fossilien erzeugte keines eine magnetische Polarisation in der Verbindung mit Kupfer No. 2, und in den mäfsig erhöhten Temperaturzuständen, in die sie versetzt wurden. Ich zweifle jedoch nicht, dafs mehrere derselben sich bei stärkerer Temperatur-Differenz der Berührungspunkte wirksam zeigen werden. Gänzlich unwirksam wurden auch alle erdartigen Fossilien, die Salze und die unmetallischen brennbaren Körper gefunden, namentlich auch Steinkohlen.

Ein einzelnes Stück Wismuthglanz von Riddarhytta bewirkte eine Declination der Magnetnadel, wenn eine bestimmte Stelle desselben den erhitzten Kupferstreifen berührte. Bei genauerer Untersuchung fand sich, dafs diese Stelle einen sehr kleinen Schwefelkies-Krystall enthielt, und dafs dieser es war, welcher mit jenem Kupfer, und auch mit Gold No. 1. eine östliche Declination hervorbrachte. Die übrigen Theile dieses sonst reinen Wismuthglanzes verhielten sich eben so unwirksam als jedes andere Stück Wismuthglanz von Riddarhytta und Salberg.

Durch Schmelzung bereitete Verbindungen von Wismuth und Schwefel in verschiedenen Verhältnissen zeigten sich wirksam und beinahe dem reinen Wismuth gleich.

Ein jenem Wismuthglanze ähnliches Verhalten zeigte ein Stück Zinkblende von Christoph zu Breitenbrunn, an dem einzelne Stellen eine deutliche magnetische Polarität erregten, während der übrige Theil der Masse, so wie alle Zinkblende überhaupt unwirksam gefunden wurde. Hier war es fein eingesprengter Arsenikkies, welcher den Magnetismus hervorrief.

Bei Bestimmung des magnetischen Verhaltens der Erze ist also sorgfältig darauf zu achten, dafs nur homogene und von fremden Beimischungen freie Stücke angewendet werden.

Die zu diesen Versuchen benutzten Erze und gediegenen Metalle waren sämmtlich aus dem reichen Mineralienkabinet der hiesigen Universität.

40. Um weitere Aufschlüsse über den Einflufs fremdartiger Beimischungen auf die magnetische Action der Metalle bei eintretender Temperatur-Differenz zu gewinnen, wurden Versuche mit Alliagen von einigen der wichtigsten Metalle unserer Reihe, namentlich von Wismuth und Antimon mit einander, und mit Zinn, Blei, Kupfer 2 und Zink unternommen. Jedes dieser Metalle wurde mit jedem der andern in drei verschiedenen Verhältnissen zusammengeschmolzen; nämlich: *a*) beide Metalle zu gleichen Theilen, *b*) drei Theile des ersten zu einem Theil des andern, und *c*) ein Theil des ersten zu drei Theilen des andern.

Die Resultate der Versuche mit diesen siebenundzwanzig Alliagen, mit Kupfer No. 2. zu Kreisen verbunden, sind in folgender Tabelle zusammengestellt, wie sie sich bei mäfsiger Erhöhung der Temperatur eines der Berührungspunkte und in der Fig. 2 und 3. angegebenen Lage der Apparate ergaben (1).

---

(1) Diese Tabelle wurde der Akademie am 18. October 1821. vorgelegt.

Alliagen von	Drei Theile zu einem Theil.	Zu gleichen Theilen.	Ein Theil zu drei Theilen.
Wismuth und Kupfer	O stark	O stark	O schwächer
Wismuth und Zink	O stark	O lebhaft	O schwach
Wismuth und Blei	W lebhaft	W schwächer	O schwach
Wismuth und Zinn	W lebhaft	W schwächer	O schwach
Wismuth und Antimon	O stark	W ziemlich lebhaft	W stark
Antimon und Kupfer	W lebhaft	W schwächer	W am schwächsten
Antimon und Blei	W lebhaft	W lebhaft	W schwächer
Antimon und Zinn	W lebhaft	W lebhaft	W schwächer
Antimon und Zink	W stark	W stark	W etwas schwächer.

Wir finden hier, dafs Alliagen von Wismuth und Kupfer in allen drei Mischungsverhältnissen mit Kupfer No. 2. östliche Declinationen bewirken, wie der reine Wismuth, dafs aber die magnetische Polarisation um so schwächer wird, je mehr Kupfer sich in dem Alliage befindet.

Wismuth und Zink verbinden sich so unvollkommen mit einander, dafs aus den Versuchen mit diesen Alliagen wenig mehr zu folgern ist, als dafs auch hier die Wirkung des Wismuths überall vorherrschend ist, wie die östliche Declination der Nadel in Ketten aus allen drei Verbindungen beweist.

Die Alliagen von Wismuth mit Blei und Wismuth mit Zinn zeigen dagegen ein den vorhergehenden beiden Mischungen entgegengesetztes und in mehr als einer Beziehung merkwürdiges Verhalten; die

Declination ist hier westlich, wo die Menge des Wismuths überwiegend ist, und wird erst wieder östlich, wo diese nur ein Theil auf drei Theile des andern Metalls beträgt. — Hieraus ergiebt sich denn zugleich, dafs es für diese beiden Alliagen (die von Wismuth mit Blei oder mit Zinn) in ihrer magnetischen Action mit Kupfer No. 2. einen Nullpunkt geben mufs, wo ungeachtet der Differenz der Temperatur der beiden Berührungspunkte keine magnetische Polarisation erfolgt, — und dafs dieser Nullpunkt erst nachdem die dem Wismuth beigemischte Quantität des Bleies oder Zinnes das in der zweiten Spalte angegebene Verhältnifs überschritten, und das in der dritten Spalte angegebene noch nicht erreicht hat, eintreten mufs.

Unter den Legirungen von Wismuth und Antimon, mufs gleichfalls eine vorkommen, welche bei einem bestimmten Mischungsverhältnisse jener beiden Metalle, (das zwischen den in der ersten und zweiten Spalte der vorgehenden Tabelle angegebenen liegt), mit Kupfer No. 2. zum Kreise verbunden, bei vorhandener Temperatur-Differenz der Berührungspunkte, keine magnetischen Pole zeigt.

Dafs die in diesen und ähnlichen Fällen fehlende oder aufhörende magnetische Polarität der metallischen Ketten nicht in Widerspruch stehe mit der Überschrift dieser Abhandlung und mit dem oben aufgestellten Satz: dafs die erste und wesentlichste Bedingung des Magnetismus in unsern zweigliedrigen Ketten Differenz der Temperatur der Berührungspunkte sei, ist in die Augen fallend; denn es ist damit nicht behauptet worden, dafs jede Temperatur-Differenz der Berührungspunkte auch eine frei hervortretende magnetische Polarität zur Folge haben müsse, und es hat dies um so weniger behauptet werden können, da, wie oben §. 29. bereits bemerkt worden, auch in manchen Ketten von reinen Metallen eine magnetische Polarität erst bei sehr beträchtlicher Temperaturerhöhung wahrnehmbar wird; sondern es sagt jener Satz nur aus, dafs Differenz der Temperatur in so fern eine wesentliche Bedingung zur freien magnetischen Polarität der metallischen Ketten oder Kreise ist, als entschieden ohne dieselbe keine solche Polarität statt findet.

Von den übrigen Alliagen des Antimons, welche sämmtlich (ihrer westlichen Declination zu Folge) unter Kupfer No. 2. stehen,

zeichnen sich besonders die von Antimon mit Zink aus; alle drei wirken mit jenem Kupfer stark und das aus drei Theilen Antimon und einem Theil Zink bestehende stärker als reines Antimon. Bei den übrigen Alliagen des Antimons wurde die Wirkung durch Zusatz eines andern Metalls immer geschwächt, und dies um so mehr, je größer die Menge des letzteren war.

Die Ordnung dieser Alliagen in unserer §. 31. angeführten magnetischen Metallreihe giebt folgende Tabelle an (1).

Künstlich hergestellte Metalle.	Alliagen.
Wismuth	
	Wismuth 3 Th. und Antimon 1 Th.
	Wismuth 3 - - Zink 1 Th.
	Wismuth 3 - - Kupfer 1 Th.
	Wismuth 1 - - Kupfer 1 Th.
	Wismuth 1 - - Kupfer 3 Th.
Nickel	
Platina No. 1.	
Gold No. 1.	
Blei	
Zinn	
	Wismuth 1 Th. und Zink 3 Th.
	Wismuth 1 - - Blei 3 Th.
Platina No. 3.	
	Wismuth 1 Th. und Zinn 3 Th.
Kupfer No. 2.	
	Wismuth 1 Th. und Blei 1 Th.
Gold No. 2.	
Silber	
	Wismuth 1 Th. und Zinn 1 Th. d'Arcet's leichtflüssige Mischung.

(1) Diese Tabelle wurde der Akademie im Februar 1822. vorgelegt.

Künstlich hergestellte Metalle.	Alliagen.
Zink	
	Wismuth 3 Th. und Blei 1 Th. Rose's leichtflüssige Mischung.
	Wismuth 1 Th. und Antimon 1 Th.
	Antimon 3 Th. und Kupfer 1 Th.; Antimon 1 Th. und Kupfer 1 Th.; Antimon 1 Th. und Kupfer 3 Th.
	Antimon 3 Th. und Blei 1 Th.; Antimon 1 Th. und Blei 1 Th.; Antimon 1 Th. und Blei 3 Th.
	Antimon 3 Th. und Zinn 1 Th.; Antimon 1 Th. und Zinn 1 Th.; Antimon 1 Th. und Zinn 3 Th.
Stahl	
Stabeisen	
	Wismuth 3 Th. und Zinn 1 Th.
	Wismuth 1 - - Antimon 3 Th.
	Antimon 1 - - Zink 3 Th.
Antimon	
	Antimon 1 Th. und Zink 1 Th.
	Antimon 3 - - Zink 1 Th.

Die Alliagen von Wismuth und Antimon, finden wir hier ziemlich an den Stellen wo man Mischungen von den beiden äufsersten Metallen der Reihe erwarten konnte; nämlich dasjenige, welches die gröfste Menge Wismuth enthält in der Nähe des reinen Wismuths, dasjenige hingegen, welches die gröfste Menge Antimon enthält in der Nähe des reinen Antimons, und die Legirung aus gleichen Theilen Antimon und Wismuth nahe der Mitte der Reihe.

Die drei Alliagen von Wismuth mit Kupfer stehen sämmtlich zwischen dem ersten und zweiten Metall unserer Reihe, dem Wismuth und Nickel, — und selbst ein Alliage von 75 Procent Kupfergehalt vermag nicht eine tiefere Stelle in der Reihe zu gewinnen, wor-

aus zu schliefsen ist, dafs wohl schon eine geringe Beimischung von Wismuth dem Kupfer eine höhere Stelle in der magnetischen Reihe geben könnte (1).

Noch deutlicher als in der ersten Tabelle tritt in dieser das von den übrigen Alliagen sich so auszeichnende Verhalten der Mischungen von Wismuth mit Blei und Wismuth mit Zinn hervor. Beide Arten von Alliagen finden wir an desto tieferen Stellen in der magnetischen Reihe, und also um so entfernter von Wismuth, je mehr Wismuth sie enthalten, — und hierin zeichnet sich das Alliage aus drei Theilen Wismuth mit einem Theile Zinn vor dem aus drei Theilen Wismuth mit einem Theile Blei aus, da jenes sogar zwischen Stabeisen und Antimon steht. — Je mehr Zinn oder Blei die Mischung enthält, desto höher sehen wir sie in der Reihe hinauf gerückt, doch bleiben auch noch die Mischungen von einem Theile Wismuth mit drei Theilen eines der andern beiden Metalle unter dem reinen Zinn und Blei. — Aus diesem allen folgt, dafs schon eine geringe Zumischung der letztgenannten beiden Metalle zum Wismuth die Stelle von diesem bedeutend verändern werde, und dafs also deren Gegenwart im Wismuth durch die magnetischen Erscheinungen leicht auszumitteln ist. — Zu bemerken ist noch, dafs wenn ein Alliage von Wismuth und Zinn oder von Wismuth und Blei in einem bestimmten Verhältnisse, zum Kreis verbunden mit Kupfer No. 2, bei bestehender Temperatur-Differenz der Berührungspunkte ohne magnetische Polarität bliebe, daraus keinesweges folgt, dafs ein solches Alliage sich auch mit den übrigen Metallbogen eben so verhalten werde; sondern es ist vielmehr aus den an reinen Metallen und Erzen wahrgenommenen Erscheinungen zu schliefsen, dafs jene Alliagen mit mehreren höher oder tiefer stehenden Metallen sich wirksam zeigen können, während ihre Action mit einigen andern Null ist.

Auffallend ist es nach den eben erwähnten Erfahrungen, dafs so verschiedenartige Metallmischungen, wie die von Antimon mit Kupfer,

---

(1) Dafs die hohen Stellen unsers Kupfers No. 1. und No. 0. durch einen Wismuthgehalt veranlafst worden, ist nicht wahrscheinlich; eher wäre zu glauben, dafs dies Metall durch einen stärkeren Kohlengehalt dahin versetzt würde, wenn nicht vielleicht auch ein geringer Gehalt an Eisen dazu beiträgt.

mit Blei und Zinn, alle eine gleiche Stelle in der magnetischen Reihe, zwischen Zink und Stahl, einnehmen, und dafs sich bei diesen Alliagen keine Verschiedenheit weiter als in der Stärke der magnetischen Polarisation nach dem gröfseren oder geringeren Gehalte des einen oder andern Metalls zeigt.

Wie Zinn und Blei auf Wismuth, so scheint Zink auf Antimon zu wirken; es giebt diesem eine tiefere Stelle in der Reihe, und zwar nimmt ein Alliage von Antimon die tiefste Stelle in der Reihe ein, wenn es auf drei Theile nur ein Theil Zink enthält, und stellt sich höher, wenn der Gehalt an Zink gröfser wird.

Alle diese Erfahrungen scheinen auf eine stärkere oder schwächere Verwandtschaft, eine vollkommenere oder geringere Verbindung der Metalle mit einander zu deuten, und lassen erwarten, dafs sich aus der Fortsetzung dieser Untersuchungen noch bestimmtere Aufschlüsse über die den Magnetismus durch Temperatur-Differenz begründenden und ändernden inneren Zustände der Körper ergeben werden.

41. An einigen der leichtflüssigen Alliagen, namentlich an dem von d'Arcet, desgleichen an ein paar Alliagen von Wismuth mit Zinn bemerkte ich ein verschiedenes Verhalten, je nachdem sie sich im festen oder flüssigen Zustande befanden, und einige derselben fand ich zugleich nach dem zweiten Erstarren an einer andern Stelle in der magnetischen Metallreihe als im ursprünglichen festen Zustande derselben, unmittelbar nach dem Gufs.

Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt (1).

---

(1) Diese Tabelle wurde genau so, wie sie hier steht, der Akademie am 11. Februar 1822 vorgelegt. — Die beigefügten römischen Ziffern sollen blos zum leichteren Auffinden eines und desselben Alliage in den verschiedenen Columnen dienen.

Künstlich hergestellte Metalle.	Alliagen.		
	Im festen Zustande, wie sie vom Gufs kamen.	Im flüssigen Zustande.	Im festen Zustande, nach dem zweiten Erstarren.
Wismuth			
Nickel			
Platina No. 1.			
		I Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.	
Gold No. 1.			
Kupfer No. 1.			
Blei			
Zinn			
	Wismuth 1 Th. u. Blei 3 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 3 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 3 Th.
	I Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.		
Platina No. 3.			
	II Wismuth 1 Th. u. Zinn 3 Th.	II Wismuth 1 Th. u. Zinn 3 Th.	
		III Wismuth 1 Th. u. Zinn 1 Th.	
Kupfer No. 2.			
	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.
		IV d'Arcet's Alliage.	II Wismuth 1 Th. u. Zinn 3 Th.

Künstlich hergestellte Metalle.	Alliagen.		
	Im festen Zustande wie sie vom Gufs kamen.	Im flüssigen Zustande.	Im festen Zustande nach dem zweiten Erstarren.
Gold No. 2.			I Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.
Silber	III Wismuth 1 Th. u. Zinn 1 Th. IV d'Arcet's Alliage.		
Zink	Wismuth 3 Th. u. Blei 1 Th. Rose's Alliage.	Wismuth 3 Th. u. Blei 1 Th. Rose's Alliage.	Wismuth 3 Th. u. Blei 1 Th. Rose's Alliage. III Wismuth 1 Th. u. Zinn 1 Th. IV d'Arcet's Alliage.
Stahl			
Stabeisen	Wismuth 3 Th. u. Zinn 1 Th.	Wismuth 3 Th. u. Zinn 1 Th.	Wismuth 3 Th. u. Zinn 1 Th.
Antimon			

Diejenigen von diesen Metallmischungen, welche im flüssigen Zustande eine andere Stelle in der magnetischen Reihe einnehmen, als im festen, kommen in jenem immer höher in derselben zu stehen als in diesem. Der tiefere Stand, welchen einige Alliagen nach dem zweiten Erstarren einnehmen, möchte wohl häufig einer, während des flüssigen Zustandes, durch ungleiche Oxydation der Metalle, eingetretenen

Veränderung des Mischungsverhältnisses derselben zuzuschreiben seyn, wenn auch nicht in allen Fällen.

Es ist einleuchtend, dafs für alle diejenigen Alliagen, welche im flüssigen Zustande eine höhere Stelle in der Reihe einnehmen als im festen, ein Moment des Aufhörens der entstandenen magnetischen Polarität (ein Nullpunkt) und eine Umkehrung derselben, sowohl während des Steigens als während des Fallens der Temperatur, bei ihrer Verbindung zu geschlossenen Kreisen mit denjenigen Metallen eintreten wird, welche zwischen ihren beiden äufsersten Stellen in der Reihe liegen, nicht aber mit den oberhalb und unterhalb dieser Gränzpunkte befindlichen Metallen. — So z. B. wird eine Kette, zusammengesetzt aus dem Alliage von Wismuth und Zinn zu gleichen Theilen, mit den drei Metallen, Silber, Gold 2 und Kupfer 2, bei Erhöhung der Temperatur eines der Berührungspunkte, an der einen Seite (der Grundfläche der Kette), erst $-m$ dann $0\,m$ und nachher $+m$; — und dies ebenfalls nach dem zweiten Erstarren des Alliage in der Kette mit Zink, niemals aber in Ketten mit Wismuth, Nickel, Platina 1, Gold 1, Blei, Zinn, Stahl, Eisen und Antimon.

Eine Umkehrung der magnetischen Polarität wird auch bei der ersten Temperaturerhöhung eintreten in Ketten, gebildet aus dem in der Tabelle angeführten Amalgam (1) mit Zinn, Blei, Kupfer 1, und Gold 1, nicht aber in den Ketten dieses Amalgams mit Platina 1, Nickel, Wismuth und eben so nicht mit Platina 3 und allen unter diesem stehenden Metallen. Bei abnehmender Temperatur hingegen werden, nach eingetretenem flüssigen Zustande des Amalgams, Verbindungen desselben mit Platina 3, Kupfer 2, Gold 2, nicht aber mit Silber, Zink, Eisen und Antimon eine Umkehrung ihrer magnetischen Polarität erleiden.

Die Legirung von Wismuth und Zinn zum zweiten Mahl in Flufs gebracht, nahm wieder die höhere Stelle in der Reihe ein, und wurde nach dem dritten Erstarren wieder an ihrer vorigen Stelle, zwischen Zink und Stahl gefunden.

---

(1) Dieses bestand aus Wismuth, Blei und Zinn, zu gleichen Theilen und einer geringen Menge Quecksilber.

Ein anderes Verhalten zeigte d'Arcet's leichtflüssige Metallmischung welche anfänglich gleichfalls verschiedene Stellen im festen und flüssigen Zustande in der Reihe eingenommen hatte. Nach dem zweiten Erstarren desselben geschah dies nicht mehr, sondern es blieb nun in beiden Zuständen unter dem Zink; es verhielt sich also jetzt der leichtflüssigen Mischung von Rose gleich (1).

Eben so finden wir alle Alliagen von Wismuth mit Blei, und die von Wismuth zu drei Theilen mit einem Theile Zinn im flüssigen wie im festen Zustande unverändert an derselben Stelle der Reihe; diese erleiden also keine Umkehrung der magnetischen Polarisation in der Verbindung mit den in der ersten Spalte genannten Metallen, weder bei steigender noch bei fallender Temperatur-Differenz der Berührungspunkte. — An diesen Ketten zeigt sich in der Regel eine stärkere Polarität im flüssigen Zustande der Alliagen als im festen.

Wenn das gleichförmige Verhalten dieser letzteren Metallmischungen eines Theils andeutet, daſs sie bei den wiederholten Schmelzungen keine bedeutende Mischungsveränderung erlitten haben können, so scheint zugleich aus ihrer Unveränderlichkeit in jenen beiden Zuständen hervorzugehen, daſs sie auch vollkommener gemischt und verbunden sind als die oben erwähnten in ihrem magnetischen Verhalten veränderlichen Alliagen.

42. Die einfachen Amalgame von Wismuth und Quecksilber, sowohl im festen als im flüssigsten Zustande wurden sämmtlich, gleich dem reinen Wismuth, über Nickel stehend gefunden, doch zeigten sie um so schwächere Wirkung mit demselben, je flüssiger sie waren. — Eine geringe Beimischung von Wismuth zum Quecksilber kann also durch die thermomagnetischen Erscheinungen leicht entdeckt werden.

Auch Wismuth mit Kalium verbunden, behielt selbst dann, als es (nach Vauquelins Methode durch Schmelzung mit Weinstein

---

(1) Das Alliage von d'Arcet besteht bekanntlich aus acht Theilen Wismuth fünf Theilen Blei und drei Theilen Zinn; — das von Rose aus zwei Theilen Wismuth, einem Theile Blei und einem Theile Zinn.

behandelt), eine beträchtliche Menge Kalium aufgenommen hatte, seine vorige Stelle in der magnetischen Reihe, über dem Nickel.

Antimon auf dieselbe Weise mit einem beträchtlichen Antheil Kalium verbunden, nahm gleichfalls keine andere Stelle in der Reihe ein, als das reine Antimon.

Kupfer No. 2, mit Weinstein geschmolzen, schien kein Kalium aufgenommen zu haben; es erfolgte wenigstens keine Gasentbindung wenn ein Stück davon in Wasser geworfen wurde. Auch die Stelle dieses Kupfers in der Reihe war nicht verändert.

Legirungen von Kupfer und Silber — Probestangen vom zwei- bis zum sechzehnlöthigen Silber — zeigten folgendes Verhalten. Alle funfzehn bewirkten mit Kupfer No. 2 eine westliche, und mit reinem Silber eine östliche Declination der Magnetnadel. — Mit Gold No. 2 gaben die Probestangen vom zweilöthigen bis zum elflöthigen Silber östliche, und die vom zwölflöthigen bis zum sechzehnlöthigen westliche Declination. Die ersteren stehen also zwischen Gold No. 2 und Kupfer No. 2 und die letzteren zwischen Gold No. 2 und dem chemisch reinen Silber unserer Tabelle §. 31. Zwei Probestangen, ein elf und ein halblöthiges und ein zwölflöthiges, welche nicht zu jenen funfzehn gehörten, stellten sich über Kupfer No. 2. Vielleicht bestand die Legirung von diesen aus einer andern Sorte von Kupfer.

Preufsische Thaler von 1820 und 1821 wurden unter Kupfer No. 2, — die zu diesen Versuchen angewendeten Friedrichsd'or hingegen über Kupfer No. 2, einige sogar zwischen Kupfer No. 1 und Blei stehend gefunden.

Ein Stück Eisen, welches mir Herr Karsten als ein zwei bis drei Procent Zink enthaltendes Roheisen, mitgetheilt hatte nahm seine Stelle zwischen Platina No. 1 und Gold No. 1. Im äufseren Ansehen glich dieses mehr dem Zink als irgend einem Roheisen.

Doch auch ein aus reiner Eisenvitriol-Auflösung, mit einer einfachen galvanischen Kette von Zink und Platina reducirtes Eisen, wurde an derselben Stelle der Reihe gefunden. Ich hatte bei der Reduction dieses Eisens absichtlich Zink angewendet, in der Erwartung, dafs von dem Zink, welcher in einer Salmiak-Auflösung stand, ein Theil

durch die Blase, welche die Eisenvitriol-Auflösung von jener trennte, dringen, und mit dem Eisen vermischt am Platinadrahte werde reducirt werden. — Das dem reinen Eisen so unähnliche äufsere Ansehen des erhaltenen Kornes, seine blättrige Structur und grofse Sprödigkeit berechtigen wohl zu glauben, dafs es Zink beigemischt enthalte. (1)

Ein gelber Stahl von Herrn Oberst Fischer in Schaffhausen, bestehend aus sechzehn Theilen Gufsstahl und fünf Theilen Kupfer wurde an zwei verschiedenen Stellen in der magnetischen Reihe gefunden; eine Folge der verschiedenen Beschaffenheit der beiden Enden dieses Stahls. Berührte das eine Ende desselben den heifsen Theil der Bügel von Gold 1, Kupfer 1, Blei, Zinn und Platina 3, so erfolgte eine westliche Declination; berührte das andere Ende den heifsen Theil jener Bügel, so war die Declination östlich.

Ein ähnliches Verhalten zeigte ein Stück Platina, dessen eine Hälfte aus reiner Platina, die andere Hälfte aus nicht hinlänglich von Arsenik befreiter (ähnlich unserer Platina No. 4.) bestand. Berührte die erstere das heifse Ende der zwischen Platina No. 1 und Platina No. 4 liegenden Metalle, so war die Declination der Magnetnadel bei der oben mehrmals angegebenen Lage der Apparate, westlich; — die Declination war dagegen östlich wenn die andere Hälfte das heifse Ende jener Metalle berührte. Dafs diese Erscheinungen dem §. 32. aufgestellten Gesetz gemäfs erfolgen, ergiebt sich leicht aus der Vergleichung derselben mit den Angaben in §. 31.

Kohle von Fichten- und Buchenholz und von Haselstauden fand ich gänzlich unwirksam in der Verbindung mit den Metallbogen; — nur ein einziges Stück Kohle, von einem mir unbekannten Holze, welches ich von Herrn Schweigger vor mehreren Jahren unter dem Namen einer thermoxydirten Kohle erhalten hatte, zeigte sich mit einigen Metallen wirksam, namentlich mit Kupfer No. 2, Silber und Zink, und nahm unter diesen seine Stelle ein. (2)

---

(1) Herr H. Rose, welcher späterhin die Güte hatte dies Eisen zu analysiren, hat gefunden, dafs es wirklich Zink enthält, und schätzt die Menge desselben auf ungefähr zwei Procent.

(2) Eine Stange reines Selenium, hergestellt von Herrn H. Rose, erregte in den Verbindungen mit den Metallbogen bei Erhöhung der Temperatur keinen Magnetismus

In der folgenden Tabelle findet man nicht nur die eben erwähnten, sondern auch einige später untersuchte Alliagen nach ihrem magnetischen Verhalten geordnet. (1)

Künstlich hergestellte Metalle.	Alliagen.
Wismuth	
	a) Alle Amalgame von Wismuth.
Nickel	*b*)* Legirungen von 2 Th. Kupfer mit 1 Th. Nickel.
	- - 10 - - - 1 - -
	- - 10 - - - 2 - -
	- - 5 Th. Kupfer, 7 Th. Nickel und 7 Th. Zink.
	- - 16 Th. Kupfer, 6 Th. Nickel und 10 Th. Zink.
	- - 89,8 Kupfer 10,2 Nickel.
	- - 61,74 Kupfer 7,01 Nickel und 31,25 Zink.
	- - 54,88 Kupfer 6,23 Nickel und 38,89 Zink.
	Suhler Weiſskupfer.
Palladium	
Platina No. 1.	
Kupfer No. 0.	
	c) Roheisen, welches 2 bis 3 Procent Zink enthält.
	d) Eisen, reducirt durch eine galvanische Kette, auch 2 Procent Zink enthaltend.
	e) Messing No. 1.
	f) Fischer's gelber Stahl, das eine Ende.

so lange es sich im festen Zustande befand; — im flüssigen ist es nicht untersucht worden. — Dies Selenium verhielt sich gänzlich wie ein idioelectrischer Körper, es leitete nicht nur die Electricität nicht, sondern es wurde auch mit Wolle gerieben entschieden negativ electrisch, obwohl schwächer als Schwefel.

(1) Die Nickellegirungen verdanke ich Herrn Ober-Bergrath Frick, und die Wootze Herrn Geheimen Ober-Finanzrath Beuth.

Künstlich hergestellte Metalle.	Alliagen.
Gold No. 1.	
Kupfer No. 1.	
	g) Messing No. 2.
	h)* Glockengut, bestehend aus 100 Th. Kupfer und 20 Th. Zinn.
	i) 3 Stück Doppel-Friedrichsd'or.
Blei	
Zinn	
Platina No. 3.	
	k) 6 Stück Friedrichsd'or.
	l) Fischer's gelber Stahl, das andere Ende.
	m)* Tutania Metall.
Kupfer No. 2.	
	n) Preufsische Thaler von 1820 und 1821.
	o)* Ein Korn aus Rhodium, Palladium und einer kleinen Quantität Platina zusammengesetzt.
	p)* Spiegelcomposition aus 2 Th. Kupfer u. 1 Th. Zinn.
	q) Probestangen vom 2 bis 11 löthigen Silber.
Gold No. 2.	
	r) Probestangen vom 12 bis 16 löthigen Silber.
Silber	
Zink	
Platina No. 4.	s) Kohle, angeblich thermoxydirte.
Stahl	
Stabeisen	
	t)* Platina mit $9\frac{1}{2}$ Procent Arsenik.
	u)* Wootz
	v)* Wootz mit $\frac{1}{100}$ Platina.
	w)* Wootz mit $\frac{1}{100}$ Rhodium.
	x)* *Regulus antimonii martialis.*
Antimon	
Tellur	

43. Alle Arten von Roheisen nehmen eine höhere Stelle in der magnetischen Metallreihe ein als das Stabeisen. Aber nicht alle Flächen der Bruchstücke eines Roheisenflosses verhalten sich gleich in der Wirkung; man findet deshalb ein und dasselbe Stück an mehr als einer Stelle der magnetischen Reihe, wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen, wo die Roheisen nach dem Verhalten der genannten Flächen in der Berührung mit dem warmen Ende der Metallbogen geordnet sind. (1)

Wismuth	
Nickel	
	Roheisen No. 1, von Geislautern im Saarbrückischen, alle Flächen.
Platina No. 1.	
Gold No. 1.	
Kupfer No. 1.	
Messing No. 2.	
	Roheisen No. 2, aus dem Siegenschen, die Bruchflächen und die untere Fläche.
	Roheisen No. 3, von Mariazell in Steyermark, die Bruchflächen.
	Roheisen No. 4, eine gegossene Stange.
Blei	
Zinn	
Kupfer No. 2.	
Gold No. 2.	
Silber	
Zink	
	Roheisen No. 2, die obere Fläche.
	Roheisen No. 3, die obere und untere Fläche.

(1) Diese Tabelle wurde der Akademie am 11. Februar 1822. vorgelegt.

	Roheisen No. 5, von Vordernberg in Steyermark, alle Flächen.
Stahl	Rohstahl aus Steyermark. Dreimahl raffinirter Stahl aus Steyermark. Englischer Gufsstahl. Gufsstahl von Herrn Fischer in Schaffhausen. Cämentstahl aus Schlesien.
Stabeisen	
Antimon	

Nach der Angabe von Herrn Karsten, welcher die Güte hatte, mich mit jenen Roheisen zu versehen, ist No. 1 von Geislautern im Saarbrückischen, ein graues, durch Schmelzung mit Eisenoxyd weifs gemachtes Roheisen, welches sich von den übrigen Eisensorten noch dadurch unterscheidet, dafs es viel Silicium enthält. Zu bemerken ist noch, dafs dies Roheisen das einzige ist, welches mit den nickelhaltigen Meteoreisen eine gleich hohe Stelle in der Reihe einnimmt.

Das Roheisen No. 2 ist sogenanntes Spiegeleisen von der Lohhütte bei Müsen im Siegenschen, es hatte grofse Spiegelflächen und eine deutliche krystallinische Structur. Die obere Fläche desselben, welche während des Glühens der Einwirkung der Luft ausgesetzt gewesen, war dem gefrischten Zustande näher gebracht. Nachdem ein Theil dieser oberen Rinde abgeschliffen worden, zeigte die davon entblöfste Stelle mit allen Metallen ganz dieselbe Wirkung wie die Bruchflächen und die untere Fläche, woraus sich zugleich ergiebt, dafs alle Theile der Eisenkrystalle gleich wirken. Dies Eisen war auf Schlacken, also auf einen trockenen Heerd, abgelassen worden.

Das Roheisen No. 3 ist ein graues, ins weifse übergehendes, sogenanntes schwach halbirtes Roheisen. Die obere Fläche desselben war durch Einwirkung der Luft, die untere Fläche aber wahrscheinlich durch Wasserdämpfe dem gefrischten Zustande näher gebracht; denn dieses Roheisen war auf feuchten Sand gegossen worden. No. 4 gehört zu den weichen grauen Roheisen.

Das Roheisen No. 5 von Vordernberg in Steyermark ist ein in luckigen Flossen erzeugtes weifses Roheisen, und kommt dem ge-

frischten Zustande von allen am nächsten. Wir finden dieses Eisen, so wie das durch äufsere Einwirkung entkohltere an einigen Flächen von No. 2 und 3. am tiefsten in der magnetischen Reihe; es scheint also auch aus der Stellung jener verschiedenen Roheisen gegen einander, nicht minder wie aus der des Stahls gegen Stabeisen zu folgen, dafs die an Kohle reicheren Eisensorten eine höhere Stelle, die an Kohle ärmeren, eine tiefere Stelle in der magnetischen Reihe einnehmen. (1)

Die in dieser Tabelle angeführten Stahlsorten wichen in ihrem magnetischen Verhalten nicht merklich von einander ab und nahmen sämmtlich ihre Stelle unter dem am tiefsten in der Reihe stehenden Roheisen.

44. In der Erregung des Magnetismus zeigten die dehnbaren und streckbaren Metalle, namentlich Gold No. 1 und No. 2, Silber, Kupfer No. 2, Zinn, Blei und Zink ein gleiches Verhalten, sie mochten in dem Zustande, wie sie vom Gufs kamen, oder nachdem sie durch Hämmern und Walzen zu einem dichteren Gefüge gebracht worden, mit einander oder mit den übrigen Metallen verbunden seyn; in beiden Fällen nahmen sie die §. 31. angegebenen Stellen in der magnetischen Reihe ein.

Anders verhielten sich diejenigen metallischen Körper, welche durch verschiedene Art der Abkühlung, durch langsame oder plötzliche

---

(1) Den von Herrn Karsten in diesem Bande der Denkschriften S. 49–82. mitgetheilten Untersuchungen über den Kohlegehalt verschiedener Eisensorten zu Folge, bleibt dieser Satz nur noch für die weifsen Roheisen, den Stahl und das Stabeisen gültig, ist aber nicht anwendbar auf das graue Roheisen. Denn es enthält zwar das hoch in der Reihe stehende weifse Loher Roheisen 5,13 Procent (S. oben S. 78.) und das dem Stahl nahe stehende weifse luckige Roheisen von Vordernberg nur 3,25 Procent Kohle (S. oben S. 81.); — aber das graue Roheisen von Malapane in Schlesien, welches laut der Angabe S. 79. der erwähnten Abhandlung, 3,9 Procent Kohle enthält, steht, wie ich später gefunden habe, an derselben Stelle mit dem Loher Spiegeleisen (zwischen Messing No. 2 und Blei); — ja ein graues Roheisen von Brosely in England, welches nach Herrn Karsten nur 2,8 Procent Kohle enthält, stellte sich noch höher in der Reihe nämlich zwischen Platina No. 1 und Gold No. 1. Da nun die Kohle sich im grauen Roheisen, wie Herr Karsten gezeigt hat, in einem andern Zustande als im weifsen Roheisen befindet, so folgt aus den eben angeführten Thatsachen, dafs nicht allein die Menge der Kohle im Eisen, sondern auch der Zustand der Verbindung des Eisens mit der Kohle auf die Stellung desselben in der magnetischen Reihe Einflufs hat.

Erstarrung in entgegengesetzte Zustände von Sprödigkeit und Dehnbarkeit versetzt werden (1).

Stahl, welcher glühend in kaltem Wasser abgelöscht worden, nahm jedesmahl eine höhere Stelle in der magnetischen Reihe ein, als der langsam an der Luft abgekühlte. Weiches graues Roheisen auf dieselbe Art behandelt, zeigte ein gleiches Verhalten. Beide Körper konnten durch die entgegengesetzte Art der Abkühlung mehrmahls nach einander bald in die höhere, bald in die tiefere Stelle der Reihe versetzt werden.

Ein Alliage von acht und siebzig Theilen Kupfer und zwei und zwanzig Theilen Zinn, welches (d'Arcet's Entdeckung zu Folge) an der Luft langsam abgekühlt, spröde ist, und nach plötzlichem Erkalten im Wasser, unter dem Hammer streckbar wird; — nimmt nach der langsamen Abkühlung eine höhere und nach der jähen Abkühlung eine tiefere Stelle in der Reihe ein. Auch dies Alliage konnte durch das angegebene Verfahren mehrmals nach einander wechselsweise höher und tiefer in der Reihe gestellt werden. (2)

Alle drei Körper, das graue Roheisen, der Stahl und das ebengenannte Alliage verhalten sich also darin einander gleich, dafs sie im harten und spröderen Zustande höher, im weichen und dehnbaren tiefer in der magnetischen Reihe zu stehen kommen, — worüber die folgende Tabelle noch speciellere Auskunft giebt. (3)

---

(1) Die folgenden, in diesem §. angeführten Versuche wurden nach der Vorlesung vom Februar, doch noch in der ersten Hälfte des Jahres 1822 angestellt.

(2) Ich bemerke noch, dafs das Alliage bei diesen Versuchen nur bis zum schwachen Rothglühen erhitzt wurde. — Auf dem Bruche erscheinen die langsam abgekühlten Stücke [welche dem Zinn in der magnetischen Reihe nahe stehen] feinkörnig und gräulichweifs, — die plötzlich in kaltem Wasser abgelöschten [welche dem Kupfer No. 2 in der Wirkung nahe kommen] grobkörnig und tombakbraun; — angefeilt aber haben beide eine ganz gleiche speisgelbe Farbe. In der Bestimmung der magnetischen Polarisation verhalten sich die angefeilten Flächen den Bruchflächen gleich, doch zeigt sich in der Stärke der Wirkung dieser Flächen eine Verschiedenheit, bei schwacher Erwärmung der Kettenglieder.

(3) Die doppelte Stellung, welche Fischer's gelber Stahl in der Reihe einnimmt, (S. den vorhergehenden §.) scheint auch eine Folge der ungleichen Abkühlung seiner beiden Enden zu seyn. Das eine Ende, und zwar das in der Reihe höher stehende, war entschieden härter als das andere.

Künstlich hergestellte Metalle.	Langsam abgekühlt.	Jähe abgekühlt.
Wismuth		
Nickel		
Platina No. 1.		
		Graues Roheisen.
Gold No. 1.		
Kupfer No. 1.		
Messing No. 1.		
	Graues Roheisen.	
Blei		
Zinn		
	Alliage v. 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn.	
Platina No. 3.		
		Stahl.
Kupfer No. 2.		
		Alliage v. 78 Th. Kupfer u. 22 Th. Zinn.
Gold No. 2.		
Silber		
Zink		
	Stahl.	
Stabeisen		
Antimon		

Verschiedene andere Metalle und Metallmischungen, welche einer gleichen Behandlung wie die eben genannten unterworfen wurden, erlitten keine Veränderung in ihrem magnetischen Verhalten; namentlich wurden folgende sowohl nach jäher Erstarrung und Abkühlung, als nach langsamer Abkühlung an derselben Stelle in der magnetischen Reihe gefunden.

Stabeisen	Nickel
Platina No. 1.	Platina No. 4.
Kupfer No. 2.	Gold No. 2.

Silber
Alliage von 3 Th. Kupfer u. 1 Th. Wismuth
- - 1 - Kupfer u. 3 Th. Antimon
- - 1 - Kupfer u. 1 Th. Antimon
- - 3 - Kupfer u. 1 Th. Antimon
- - 1 - Wismuth u. 1 Th. Zinn.

45. Schon bei den ersten, oben §. 12-17. erwähnten Versuchen war bemerkt worden, dafs Metalle, welche für homogen zu halten waren, eben so wohl einer magnetischen Polarisation durch Temperaturdifferenz fähig seyen, wie die kreisförmig verbundenen heterogenen Metalle.

Die in unserer Tabelle §. 31. angeführten Platina-, Gold- und Kupfersorten wurden nicht blofs magnetisch, wenn ihrer zwei von gleichnamiger Art in Form von Stangen oder Blechstreifen mit einander verbunden waren, wo dann schon eine mäfsige Erwärmung eines der Berührungspunkte eine nicht unbeträchtliche Polarität erregte; sondern die meisten dieser Metalle wurden auch dann noch magnetisch polar, als sie nur einfache und durchaus gleichartige Kreise bildeten, und ein Theil derselben in der Temperatur erhöht oder erniedrigt wurde. Ein gleiches Verhalten zeigten mehrere andere Metalle, von denen einige zu den homogensten gezählt werden müfsten, die überhaupt zu diesen Versuchen angewendet worden. Alle einfachen Kreise erforderten jedoch, um in gleichen magnetischen Zustand mit den aus zwei Sorten eines Metalls zusammengesetzten Ketten versetzt zu werden, eine bedeutend stärkere partielle Temperaturerhöhung als diese.

Die magnetische Polarität wurde in den einfachen Metallkreisen am stärksten gefunden, wenn ein Theil derselben sich im fliefsenden und glühenden Zustande befand, und wenn die Enden des die Boussole umschliefsenden gleichartigen Metallbogens wechselsweise in den fliefsenden Theil eingetaucht wurden; oder wenn das eine Ende eines nicht oxydirbaren Metallbogens glühend mit dem andern kalten Ende desselben in Berührung gebracht wurde.

Durch Cupellation gereinigtes Silber zeigte bei diesem Verfahren folgendes Verhalten. Wurde das untere Ende des die Boussole umschliefsenden Silberbogens in das in Süden stehende, fliefsende, gleichartige

Metall getaucht, das obere Ende nachher, so erfolgte eine östliche Declination der Magnetnadel; wurde hingegen das obere Ende zuerst, das untere zuletzt eingetaucht, so war die Declination westlich. Vollkommen in Ruhe blieb aber die Nadel, wenn die beiden kalten Enden des Bogens zugleich in das fliefsende Metall eingetaucht wurden. Eine gleiche, obwohl schwächere Wirkung auf die Magnetnadel fand auch dann noch statt, als das Silber im Tiegel bereits erstarrt war, und aufgehört hatte zu glühen, wofern nur das eine Ende des Bügels längere Zeit mit jenem in Berührung blieb als das andere.

Ein gleiches Verhalten, wie das Silber, zeigte, bey gleicher Lage der Theile, fliefsendes Zink mit einem Bogen desselben Zinks.

Auch Gold No. 2. wurde in der Art seiner Polarisation den beiden vorhergehenden Metallen gleich befunden. Denn wenn die Enden eines Bogens von diesem Golde gegen Süden lagen, und das untere Ende geglüht wurde, so erfolgte bei Berührung desselben mit dem oberen kalten Ende eine östliche Declination der Magnetnadel innerhalb des Bogens; wurde aber das obere Ende geglüht, so erfolgte bey Berührung desselben mit dem kalten unteren Ende eine westliche Declination.

Ein entgegengesetztes Verhalten zeigte Platina No. 1. Hier war die Declination der Magnetnadel innerhalb des Bogens, in der eben erwähnten Lage desselben, westlich, wenn das untere Ende glühend, das obere Ende kalt war; östlich dagegen, wenn das obere Ende glühend und das untere kalt war.

Dieser Platina gleich verhielten sich Kupfer No. 1, Kupfer No. 2, Messing No. 2. Befand eines von diesen sich in einem Tiegel im Flufs, und wurde es mit dem unteren Ende eines gleichen Metallbogens zuerst, mit dem oberen zuletzt und nur momentan in Berührung gebracht, so erfolgte eine westliche Declination, welche schwächer auch dann noch statt fand, als das Glühen jener Metalle aufgehört hatte.

Die meisten der übrigen als einfache Bogen angewendeten Metalle stellten sich, bei ähnlicher Behandlung, entweder auf die Seite des Silbers oder der Platina; nur einige wenige machten Ausnahmen, und blieben in allen Graden der Temperaturdifferenz unmagnetisch.

Blei namentlich und Zinn zeigten in Form von einfachen Bogen, auch unter den scheinbar günstigsten Bedingungen, keine Wirkung auf die Magnetnadel. Diese blieb vollkommen in Ruhe, sie mochte sich nun innerhalb eines einfachen Bogens oder einer Spirale von reinem englischen Zinn befinden, an deren Enden Stangen desselben Zinnes befestigt waren, welche eine nach der andern in gleichartiges fliefsendes, ja selbst glühendes Zinn getaucht wurden. Eben so wenig erfolgte eine Declination bei der unmittelbaren Berührung der beiden Stangen, wie grofs oder wie gering auch die Temperaturdifferenz derselben seyn mochte. Ein gleiches Verhalten zeigte Blei, das käufliche sowohl als das gereinigte.

Eine deutliche, ja sogar eine ziemlich lebhafte Declination der Magnetnadel fand hingegen statt, wenn die Enden des die Boussole umgebenden Zinnes in fliefsendes Blei, oder wenn die Enden eines Bogens von Blei in fliefsendes Zinn auf die mehrmahls erwähnte Weise getaucht wurden.

In der folgenden Tabelle habe ich die Declinationen der Magnetnadeln innerhalb der einfachen Kreise von allen Metallen angegeben, welche bei den vorhergehenden Untersuchungen und Reihenbestimmungen als Bogen angewendet wurden, und es ist hierbei angenommen worden, dafs die Enden der Bogen sich in Süden befinden, und dafs das obere Ende das heifsere sey.

Man findet hier einige Metalle, welche entweder wegen ihrer Sprödigkeit (wie Wismuth und Antimon) oder wegen ihrer die Beweglichkeit der Magnetnadel hemmenden Wirkung (wie Eisen, Stahl und Nickel) nicht wohl als einfache Bogen anzuwenden waren. Von diesen waren Stangen und Blechstreifen, von mindestens einem Fufs Länge, an Spiralen oder Blechstreifen von solchen dehnbaren Metallen befestigt, welche mit jenen nur schwach magnetisch werden; und es war sowohl bei diesen Versuchen als bei den zur Reihenbestimmung unternommenen die Vorsicht beobachtet worden, die Enden jener Stangen entweder nur mäfsig, oder nur momentan stark zu erhitzen, auch war nicht eher zu einem zweiten Versuch geschritten worden, als bis diese sich gänzlich abgekühlt hatten, damit jede aus der Temperatur-

veränderung am Berührungspunkte der beiden den Bogen bildenden Metalle zu befürchtende Störung vermieden werde (1).

Einfache Metallbogen.	Declinationen der Magnetnadeln innerhalb derselben.
1) Wismuth	schwach östlich.
2) Nickel	ziemlich lebhaft östlich.
3) Legirung* von {Kupfer 2 Th. / Nickel 1 -}	sehr schwach östlich.
4) Palladium*	stärker östlich.
5) Platina No. 1.	- östlich.
7) Kupfer No. 0.*	ungleich, östlich sowohl als westlich.
11) Gold No. 1.	zuerst östlich, stärker erhitzt, westlich.
12) Kupfer No. 1.	- östlich.
13) Messing No. 2.	zuerst östlich, stärker erhitzt, westlich.
16) Blei	Null.
17) Zinn	Null.
18) Platina No. 3.	sehr schwach östlich.
21) Kupfer No. 2.	stärker östlich.
24) Gold No. 2.	- westlich.
25) Silber	- westlich.
26) Zink	- westlich.
29) Platina No. 4.*	Null.
30) Cadmium*	- westlich.
31) Stahl	schwach westlich.
32) Stabeisen	- westlich.
34) Antimon	ungl., in einigen westlich, in andern östlich.

Giebt man allen diesen einfachen Kreisen eine gleiche Stellung, so findet man, wenn der *n* Pol derselben ($-m$) gegen Norden ($+M$)

(1) Die in diesem §. angeführten Beobachtungen und Versuche wurden schon in den Vorlesungen vom 16ten August und 18ten October 1821 angeführt. Die folgende vollständige Tabelle wurde aber (mit Ausnahme der mit Sternchen bezeichneten Körper) der Akademie am 11ten Februar 1822 vorgelegt.

gerichtet ist, und der Berührungspunkt der beiden in der Temperatur verschiedenen Enden sich unten befindet, an den meisten der zur obern Hälfte unserer magnetischen Reihe gehörenden Metallen (welche wir östliche genannt haben) das kalte Ende in Westen und das heifse in Osten (z. B. in Platina No. 1, Fig 18.), dagegen in den meisten der zur unteren (westlichen) Hälfte der Reihe gehörenden Metalle, das heifse Ende in Westen und das kalte in Osten (z. B. im Silber Fig. 19).

Die magnetische Polarisation jener Bogen von Platina No. 1. und von Silber, desgleichen von Gold No. 2 und Palladium*, (welche Metalle sämmtlich zu den dem chemisch reinen Zustande am nächsten kommenden gehörten), wurde von der ersten sich wirksam zeigenden Temperaturdifferenz an, bis zu der, wo ein Theil der Metalle sich im glühenden oder fliefsenden Zustande befand, immer der Richtung nach gleich gefunden. Völlig gleichgültig war es auch, welches Ende der einfachen Bogen von diesen Metallen erwärmt wurde; immer befand sich die Lage des heifsen Endes zum kalten, nach der Schliefsung, bei gleicher Richtung der Pole, wie oben angeführt worden.

In diesen homogenen Metallbogen wird also die zur Erregung des Magnetismus erforderliche Heterogenität durch die partielle Temperaturveränderung erst gesetzt, und dasselbe geschieht auch in den übrigen, jenen im magnetischen Verhalten gleich kommenden, wenn auch in der Reinheit nachstehenden Metallen, in der Art, dafs die obern (oder östlichen) Metalle unserer Reihe im heifsen Zustande eine höhere, im kalten eine tiefere Stelle in der Reihe erhalten; und dafs die untern (oder westlichen) Metalle der Reihe im heifsen Zustande eine tiefere Stelle als im kalten einnehmen. Heifser Wismuth ist also das östlichste und heifses Tellur das westlichste Metall der magnetischen Reihe.

Dem Verhalten der Mehrzahl der einfachen Kreise zufolge, theilt sich also unsere magnetische Metallreihe in zwei einander bis zu dem Grade entgegengesetzte Hälften, dafs in Beziehung auf Erregung des Magnetismus Erkältung in der einen Hälfte gleichen Werth hat mit der Erwärmung in der andern, wie sich auch schon aus der Ansicht der beiden Kreise Fig. 18 und 19. ergiebt.

Unter den in der vorstehenden Tabelle angeführten Körpern, welche eine ungleiche oder veränderliche magnetische Polarität zeigten, befindet sich eine Legirung und drei Metalle, von denen zwei entschieden eine fremdartige Beimischung enthalten. In den beiden veränderlich gefundenen Metallbogen, von Gold No. 1 und Messing No. 2. schien die Mischung der Bestandtheile sehr gleichförmig zu seyn; denn beide Enden derselben verhielten sich auf den beiden eine entgegengesetzte Polarität bewirkenden Stufen der Temperatur-Differenz ziemlich gleich. — In den andern beiden ein ungleiches Verhalten zeigenden Metallen dem Kupfer No. 0. und dem Antimon, war eine bleibende Verschiedenheit der beiden Enden der Bogen die Ursache ihrer zwiefachen magnetischen Polarisation, wie sich daraus ergab, dafs die Declination der Magnetnadel schon bei den ersten Graden der Temperatur-Differenz der beiden Enden entgegengesetzt ausfiel, je nachdem das eine oder das andere Ende das obere und zugleich das heifsere war. Zwei Streifen des Kupfers No. 0* zeigten ein gleiches Verhalten bei gleicher Lage ihrer in der Temperatur verschiedenen Theile. Gegen die zunächst stehenden Metalle (Platina No. 1 und Gold No. 1.) verhielten sich jedoch beide Enden dieser Bogen bei den ersten Graden der Temperaturerhöhung eines der Berührungspunkte immer gleich. Die beiden Enden eines Bogens von diesem Kupfer verhielten sich also gegen einander wie zwei Metalle von geringer Heterogenität, welche jedoch beträchtlich genug war, bei gleichzeitiger Erwärmung beider Enden eine schwache magnetische Polarität zu setzen; eine Erscheinung, welche bei den oben erwähnten homogenen Metallen nicht statt fand, wo vielmehr die magnetische Polarität der einfachen Kreise in dem Verhältnisse abnahm, als die beiden sich berührenden Enden einander in Temperatur näher kamen. — In einigen der aus Antimonstangen zusammengesetzten Bogen erfolgte bei gleicher Lage ihrer in der Temperatur verschiedenen Theile, immer eine westliche, in andern immer eine östliche Declination; selten jedoch verhielten sich die vier Enden der mit einander verbundenen Stangen in der Wirkung gleich. Meistens wurden drei Enden eines solchen Stangenpaares dem vierten, oder zwei Enden den beiden andern, bei der, nach mäfsiger Erwärmung, erfolgenden Schliefsung des Kreises, entgegengesetzt wirkend gefunden. Gegen die dem Antimon

in der magnetischen Reihe zunächst stehenden Metalle Tellur und Arsenik, verhielten sich alle jene verschiedenen Antimonstangen, mit allen Enden gleich.

46. Nach der Erfahrung, daſs auch einfache und vor der Temperaturveränderung geschlossene Kreise von solchen Metallen, welche gleich den zuletzt erwähnten Stäben von Antimon ungleiche, wenn auch nur wenig von einander verschiedne Theile enthalten, einer magnetischen Polarisation fähig seyen, war es nun eine in mehr als einer Beziehung wichtige Aufgabe, zu erforschen, ob wohl in Ringen, welche aus Antimon, und andern ihm ähnlichen Metallen, in einem Gusse verfertigt worden, durch irgend eine äuſsere Einwirkung eine so beträchtliche Verschiedenheit der Theile gesetzt werden möchte, als zur magnetischen Polarisation dieser Ringe erforderlich seyn könnte.

Die Resultate mehrerer in dieser Beziehung unternommenen Versuche mit in Sandformen gegossenen Ringen und rectangulären Rahmen vom besten hier im Handel vorkommenden Antimon fielen bejahend aus; alle diese Körper zeigten eine schwache doch deutliche magnetische Polarität, welche jedoch bei Erwärmung gewisser Stellen am stärksten, bei Erwärmung anderer am schwächsten war, oder auch wohl gänzlich fehlte. So z. B. wurde die Polarität in einem einen halben Zoll dicken und sechs Zoll im Durchmesser haltenden Ringe von Antimon am stärksten gefunden, wenn einer der beiden Punkte *a* oder *b* Fig. 20. allein erwärmt wurde; es war aber keine Polarität an demselben zu bemerken, wenn einer der Punkte *c* oder *d* erwärmt wurde. Bei Erwärmung eines zwischen *a* und *b* liegenden Punktes war die magnetische Polarisation verhältniſsmäſsig um so stärker, je näher er *a* oder *b*, und um so schwächer je näher er *c* oder *d* lag. Bei gleichzeitiger und gleich starker Erwärmung von *a* und *b* blieb der Ring unmagnetisch wie vorher, als die Temperatur desselben überall gleich war. — Die beiden Punkte *a* und *b* hatten also in Beziehung auf die magnetische Polarisation des Ringes gleichen Werth mit den Berührungspunkten der heterogenen Metalle in unsern zweigliedrigen Ketten, woraus zugleich hervorgeht, daſs dieser scheinbar homogene Ring nicht etwa nur einzelne und zerstreut liegende heterogene Theile enthielt, sondern daſs er aus zwei ungleichen, einander entgegengesetzten Hälften bestand. Dies bestätigten

auch die übrigen Versuche, aus denen noch die bestimmtere Angabe hervorging, dafs die Hälfte *acb* dieses Ringes sich als westliches Metall und die Hälfte *adb* als östliches Metall verhalte, jene also tiefer, diese höher in unserer magnetischen Reihe zu stellen sey. Denn wenn einer der Punkte *a* oder *b* unten stehend erwärmt, und der Ring mit seinem *n* Pol nach Norden gerichtet wurde, so stand die Hälfte *acb* Fig. 20. in Westen und *adb* in Osten. — Die fehlende magnetische Polarisation bei Erwärmung der Punkte *c* und *d* zeigt an, dafs die Wärmeleitung von ihnen nach *a* und *b* hin gleich sei, wodurch sie sich denn als Indifferenzpunkte in Beziehung auf die Erregung des Magnetismus verhalten.

In einem andern Ringe von Antimon hatten jene vier Hauptpunkte eine andere Lage gegen einander und gegen die Eingufsstelle, welche sich in dem vorigen Ringe in *a* befand. Auch in keinem der rectangulären Rahmen war die Lage jener Punkte der in den andern völlig gleich; doch alle diese Körper bestanden aus zwei einander entgegengesetzten, obwohl meistens ungleichen Hälften.

Die aus Wismuthstangen zusammengesetzten, in der Tabelle angeführten Bogen hatten bei der Schliefsung sämmtlich eine gleiche Wirkung gezeigt. Hiernach zu urtheilen, war also nur eine geringe Verschiedenheit der Theile in massiven gegossenen Ringen und Rahmen dieses Metalls zu erwarten. Mehrere Versuche, welche mit solchen aus käuflichem Wismuth bereiteten Körpern angestellt wurden, erwiesen jedoch, dafs die in denselben beim Gufs sich bildende Heterogenität beträchtlich genug sey, um unter gleichen äufseren Bedingungen eine nicht minder deutliche magnetische Polarität als in den gleichgestalteten Körpern von Antimon zu begründen. In einem der Ringe von Wismuth lagen die beiden die stärkste Polarität erregenden Punkte *a* und *b* Fig. 21. einander beinahe diametral gegenüber, und fast in gleichem Abstande von der Eingufsstelle *g*. Die Hälfte *acb* verhielt sich als westliches und *adb* als östliches Metall.

Die zur magnetischen Polarisation dieser Apparate erforderliche Heterogenität der Theile konnte aus einer während des Gusses sich bildenden ungleichen, doch regelmäfsigen Vertheilung der der Hauptmasse entweder ursprünglich beigemischten, oder während der Bearbeitung

erst hinzugekommenen fremdartigen Körper erklärt werden. Hiernach konnte man eine stärkere magnetische Polarität, als in den bisher angewandten einfachen Ringen, in ähnlichen, aus einigen der oben genannten Alliagen verfertigten, Apparaten erwarten. Ein Versuch mit einem, aus einer Mischung von acht Theilen Antimon mit drei Theilen Zinn gegossenen, rectangulären Rahmen gab ein dieser Ansicht günstiges Resultat. Denn wenn die Declination der Magnetnadel in Rahmen von Antimon, welche mit jenem gleiche Gröfse hatten, und gleich stark erwärmt wurden, höchstens 2 bis 3 Grade betrug, so stieg sie in dem Rahmen vom Alliage, bei Erwärmung gewisser Stellen, bis auf 10°, während sie bei Erwärmung anderer Stellen auch hier Null blieb.

Ein entgegengesetztes Verhalten zeigten andere Alliagen. So z. B. war in gegossenen Rahmen von Messing nicht eine Spur von magnetischer Polarität, bei Erwärmung einzelner Theile derselben, zu bemerken. In den dehnbaren und strengflüssigen Alliagen scheint sich überhaupt nicht so leicht die zur magnetischen Polarisation solcher gegossenen Ringe geforderte Heterogenität zu bilden, als in den spröderen und leichtflüssigeren Alliagen.

An den vor der Temperaturveränderung geschlossenen einfachen Kreisen von den reinsten der dehnbaren Metalle, wie z. B. von Platina No. 1, Gold No. 2, Silber und Kupfer No. 2, habe ich eben so wenig eine magnetische Polarität entdecken können, als in jenem Rahmen von Messing, es mochten nun die sich berührenden Enden jener Metalle oder irgend eine andere Stelle erwärmt werden. So war es auch nach allen im vorhergehenden Paragraphen angeführten Thatsachen zu erwarten, und die mit geschlossenen Kreisen angestellten Versuche bestätigen also, dafs keine bleibende, sondern nur eine durch die Ungleichheit der Temperatur an den Enden der Bogen von diesen Metallen erst gesetzte und vorübergehende Heterogenität die Ursache der bei der Schliefsung zum Kreise eintretenden schwachen magnetischen Polarisation sey (1).

---

(1) Alle in diesem §. angeführten Versuche wurden der Akademie am 16ten August und 18ten October 1821. vorgelegt. — Als später der Ring von Antimon (Fig. 20.) zerbrochen wurde, so fand sich, dafs die beiden Hälften desselben, welche sich als

47.* Die erste Bedingung zur Erzeugung eines freien Magnetismus in den einfachen homogenen Metallbogen ist ohne Zweifel die am Berührungspunkte der Enden derselben beginnende Aufhebung

---

heterogene Theile gegen einander verhalten hatten, in der krystallinischen Structur verschieden waren. Die Hälfte, welche wir die östliche nennen, hatte ein feinkörniges krystallinisches Gefüge, die westliche Hälfte dagegen war sternförmig krystallisirt. Diese Verschiedenheit der Krystallisation ist eine Folge der ungleichen Art der Abkühlung des Metalls. Beim Giefsen der Ringe wird nämlich der Theil der Form, durch welche das Metall zuerst fliefst, heifser als der übrige Theil, es erhält sich also in jenem länger flüssig und krystallisirt langsamer als in dem kälteren Theil, wo das Metall, schon abgekühlt ankommend, plötzlich erstarrt, und dadurch ein feinkörniges, unregelmäfsiges Gefüge annimmt. Alle in kalten Formen (zumahl in eisernen) gegossene Stangen von Antimon wurden entweder der ganzen Länge nach, oder doch an dem untern Ende feinkörnig krystallisirt gefunden; die obern Theile von diesen (unter dem Eingufs), und die in erwärmten Formen gegossenen Stangen waren dagegen sternförmig, d. h. in Strahlen, welche von der äufseren Fläche gegen die Mitte zu angeschossen waren, krystallisirt.

Das Verhalten der einzelnen Theile eines Paares solcher kreisförmig mit einander verbundenen Stangen von Antimon, deren obere Enden von den untern verschieden waren, entsprach dem Verhalten der beiden Theile jenes Ringes von Antimon, wenn das untere Ende der einen Stange mit dem obern Ende der andern in Berührung gebracht wurde. Welches dieser beiden Enden auch das wärmere war, immer stand das untere (also feinkörnig krystallisirte) Ende in Osten, das obere (sternförmig krystallisirte) in Westen, wenn der warme Berührungspunkt sich unten befand und die Kette mit ihrem *n* Pol gegen Norden gerichtet war. Wurden hingegen die gleichartigen Enden jener Stangen mit einander in Berührung gebracht, so fanden zwei verschiedene Polarisationen statt. Waren es die Enden aus dem unteren Theil der Form, welche sich in einem verschiedenen Temperatur-Zustande befanden, so stellte sich jedesmal das wärmere in Osten, das kältere in Westen. Waren dagegen die beiden Enden aus dem oberen Theile der Form in ungleichem Temperatur-Zustande, so stellte sich das kältere Ende in Osten, das wärmere in Westen. — Gegen die beiden dem Antimon in der Reihe am nächsten stehenden Metalle, den Arsenik und Tellur verhielten sich jene beiden Antimonstangen, wie sie auch verbunden seyn mochten, mit beiden Enden gleich; immer wurde Arsenik gegen sie als östliches, und Tellur als westliches Metall gefunden. Auch die Bruchstücke vom Antimonringe zeigten mit allen Flächen gegen Eisen ein gleiches Verhalten.

Eine solche Verschiedenheit in der krystallinischen Structur wie am Antimon, war am Wismuth nicht zu bemerken, selbst an dem Ringe nicht, dessen beide Hälften sich entschieden als heterogene Körper gegen einander verhalten hatten. Die ganze Masse desselben war überall sternförmig krystallisirt, und dies ziemlich gleichförmig. — Auch an dem Alliage von Antimon mit Zink war auf dem Bruche keine bedeutende Verschiedenheit wahrzunehmen; die Krystallisation desselben war überall ziemlich gleich feinkörnig.

eines durch Temperatur-Verschiedenheit an diesen Enden hervorgerufenen Gegensatzes, nebst dem Widerstand, den jeder von diesen beiden, sich in entgegengesetzten Zuständen befindenden Theilen dem andern leistet, welcher ihn aus seinem einmahl erlangten Zustand plötzlich herauszureifsen strebt.

Wird ein Metallbogen an dem einen Ende a erwärmt, so wird er dadurch in einen Zustand versetzt, welchen wir mit $\mp x$ bezeichnen wollen. In der Richtung, in welcher die Wärme sich durch die übrigen kälteren Theile des Bogens verbreitet, setzt sie überall jenen $\mp x$ Zustand, und in der entgegengesetzten Richtung, d. h. in der, in welcher die Erkältung des heifsesten Theiles erfolgt, oder in welcher die Kälte sich vom anderen Ende b des Bogens fortpflanzt, wird in dem Körper $\pm x$ gesetzt. Die Wärmeleitung in diesen Körpern ist also nach der einen Seite zu ein Erwärmungs- und nach der entgegengesetzten Seite zu ein Erkältungsact, und es befindet sich der noch offene Bogen an jedem Punkte in der Richtung der Längendimension nach der einen Seite zu in einem $\mp x$ und nach der andern Seite zu in einem $\pm x$ Zustande, doch ist das Verhältnifs dieser $\mp x$ und $\pm x$ Zustände in jedem Theile ein anderes.

War nun am Ende a $\mp x$ und an b $\pm x$ überwiegend, und dort (in dem noch offenen Bogen) der Uebergang in den $\pm x$, und hier der Uebergang in den $\mp x$ Zustand am schwächsten gewesen; so wird dadurch, dafs a und b (nachdem sie aus der Wärme- oder Kälte-Quelle entfernt worden) mit einander in Berührung gebracht werden, der schon begonnene Uebergang von a in den $\pm x$ und von b in den $\mp x$ Zustand plötzlich beschleunigt, und die Wärme wird, sich von a aus nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin ausbreitend, aber einen ungleichen Widerstand findend, so wie die Kälte sich von b aus nach entgegengesetzten Richtungen fortpflanzend, und gleichfalls ungleichen Widerstand findend, in dem ganzen geschlossenen Kreise eine Spannung seines $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes bewirken, welche um so stärker ist, je gröfser die Differenz der $\mp x$ und $\pm x$ Zustände von a und b ist, je gröfser also auch der Widerstand ist, den a der Einwirkung von b, und b der Einwirkung von a entgegensetzt, indem das erstere in einem höheren $\mp x$ Zustande und b in einem höheren $\pm x$ Zustande zu beharren und langsamer in

die entgegengesetzten Zustände von $\pm$ und $\mp x$ überzugehen strebt, als jedes von beiden durch das andere überzugehen angeregt wird. — Wie nun an diesem, von dem Berührungspunkte ausgehenden, und hier am stärksten bestehenden Kampfe alle Theile des Kreises Antheil zu nehmen genöthigt sind, so ist es die allgemeine Spannung, in welche der ganze Kreis hierdurch versetzt wird, und die oscillirende Bewegung, durch welche das Gleichgewicht des $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes in allen Theilen des Kreises sich herstellt, aus welchen die magnetische Polarisation desselben hervorgeht.

Einen je gröfseren Umfang der Kreis erhält, desto schwächer wird die durch die Action an dem Berührungspunkte der beiden Enden erregte allgemeine Spannung im $\mp$ und $\pm x$ Zustande des Kreises werden müssen. Ein einfacher Metallkreis von gröfserem Umfange wird also zur Verstärkung seiner magnetischen Polarisation in mehrere an den Enden in der Temperatur verschiedene Theile zerlegt, und so wieder zusammengesetzt werden müssen, dafs das warme Ende des einen Theils mit dem kalten des andern in Berührung kommt; doch nur von einer gleichzeitig in allen Theilen erfolgenden Schliefsung des Kreises ist eine entschiedene Wirkung auf die Magnetnadel zu erwarten.

Bestimmt die Action an dem Berührungspunkte der Enden eines Kreises dessen magnetische Polarisation, so wird also auch zwischen dieser und dem $\mp$ und $\pm x$ Zustande ein festes Verhältnifs bestehen müssen, und es werden die einander polar entgegengesetzten Theile der einfachen Metallbogen folgendermafsen zu bezeichnen seyn. Nimmt man an, das warme Ende eines Metalls aus der obern Hälfte unserer magnetischen Reihe sey $\mp x$ und das kalte Ende desselben $\pm x$, z. B. Wismuth oder Platina No. 1. (Fig. 18); so werden wir das warme Ende eines Metalls aus der untern Hälfte unserer magnetischen Reihe mit $\pm x$, und das kalte Ende desselben mit $\mp x$ bezeichnen müssen. Z. B. Antimon oder Silber (Fig. 19.)

In einem gleichen polaren Gegensatze, wie die in der Temperatur verschiedenen Theile der einfachen Bogen, befinden sich alle Metalle unserer magnetischen Reihe gegen einander, und es verhalten sich je zwei derselben, welche mit einander zum Kreise verbunden worden, in einem doppelten Gegensatze von $\mp x$ und $\pm x$, und zwar in der Art, dafs

dasjenige, welches an dem einen Berührungspunkte $a \mp x$ ist, sich an dem andern Berührungspunkte b als $\pm x$ Körper verhält, indem zugleich das andere Metall am Berührungspunkte a sich als $\pm x$ und in b als $\mp x$ Körper gegen das erstere verhält.

Im stärksten $\mp x$ und $\pm x$ Gegensatze befinden sich die beiden äufsersten Metalle unserer magnetischen Reihe gegen einander. Entsprechend dem Verhalten im einfachen Bogen ist Wismuth am warmen Ende $\mp x$ gegen jedes in der Reihe unter ihm stehende Metall und Tellur oder Antimon sind am warmen Ende $\pm x$ gegen jedes in der Reihe über ihnen stehende Metall. Wismuth am kalten Ende ist dagegen $\pm x$ gegen alle in der Reihe unter ihm stehenden Metalle, und Tellur oder Antimon sind am kalten Ende $\mp x$ gegen alle in der Reihe über ihnen stehenden Metalle. — In den §. 31. angeführten Körpern der magnetischen Reihe nimmt also am warmen Theil der $\mp x$ Zustand, und am kalten Theil der $\pm x$ Zustand vom Wismuth an nach dem Antimon und Tellur zu ab, und vom Tellur an nimmt am warmen Theil der $\pm x$ und am kalten Theil der $\mp x$ Zustand vom Tellur an nach dem Wismuth zu ab; woraus folgt, dafs jedes in jener Reihe höher stehende Metall sich in den zweigliedrigen Kreisen, bei der ersten Erregung der magnetischen Polarität durch Temperatur-Differenz, am warmen Berührungspunkte in einem $\mp x$ Zustande und am kalten Berührungspunkte in einem $\pm x$ Zustande gegen das in der Reihe unter ihm stehende Metall befindet, welches dann gegen jenes am ersten Berührungspunkte $\pm x$ und am letztern $\mp x$ ist, — unabhängig davon, in welchem $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatze die Enden der aus jenen beiden Metallen gebildeten einfachen Bogen sich bei der ersten Temperatur-Differenz gegen einander befinden mögen. Dieser Gegensatz verschwindet nämlich und geht völlig unter in dem $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatze zweier heterogenen Metalle und Metallmischungen, welcher immer stärker ist als jener, wie nahe auch diese Körper in der magnetischen Reihe neben einander stehen mögen (1).

(1) Folgendes Schema giebt eine allgemeine Uebersicht von den eben erwähnten verschiedenen Zuständen der Metalle und den Verhältnissen der verschiedenen Arten der einfachen Kreise zu den zweigliedrigen.

Werden zwei Metalle aus den beiden entgegengesetzten Hälften der Reihe mit einander verbunden, z. B. Silber mit Platina, oder Antimon A (Fig. 22.) mit Wismuth B, so dafs die beiden heifsen Enden dieser Metalle aa' und die kalten Enden bb' mit einander in Berührung kommen, so befinden sich A und B sowohl am Berührungspunkte aa' als am Berührungspunkte bb' in entgegengesetzten Zuständen, und da nun die Action in aa' der Action in bb' der Richtung nach gleich ist, so verstärkt die eine die andere. Die Wirkung des durch die Temperatur-Differenz an den beiden Enden der Metalle A und B hervorgerufenen $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatzes wird hier noch dadurch verstärkt, dafs derselbe nach den entgegengesetzten Seiten hin durch einen Zwischenkörper (an A durch B und an B durch A) aufgehoben wird, zu welchem jedes der beiden Metalle sich am warmen Berührungspunkte aa' in einem noch stärkeren $\mp x$ und $\pm x$ Gegensatze befindet als gegen sein eigenes kaltes Ende, und dafs am kalten Berührungspunkte bb' ein ähnliches Verhältnifs bei der Aufhebung der $\pm x$ und $\mp x$ Zustände statt findet, wobei an jedem der Metalle A und B die in der Temperatur erhöhten und erniedrigten Theile dieselbe Lage nach O und W zu behalten, in welcher diese Theile sich auch in den einfachen Kreisen bei gleicher Richtung der magnetischen Pole be-

In einfachen Kreisen.		In zweigliedrigen Kreisen.			
		Am warmen Berührungspunkt	Am kalten Berührungspunkt	Am warmen Berührungspunkt	Am kalten Berührungspunkt
Wismuth	warm $\mp x$, kalt $\pm x$	$\mp x$	$\pm x$	$\mp x$	$\pm x$
Nickel	warm $\mp x$, kalt $\pm x$	$\pm x$	$\mp x$		
⋮					
Antimon	kalt $\mp x$, warm $\pm x$	$\mp x$	$\pm x$		
Tellur	kalt $\mp x$, warm $\pm x$	$\pm x$	$\mp x$	$\pm x$	$\mp x$

finden würden, wie sich aus der Vergleichung von Fig. 22. mit Fig. 18 u. 19. ergiebt. — Obwohl nun dies letztere in Kreisen aus zwei Metallen, welche einer und derselben Hälfte angehören, nicht statt findet, so wird doch auch in ihnen durch Ausgleichung des $\pm x$ und $\mp x$ Zustandes am kalten Berührungspunkte bb' eine der Richtung nach gleiche magnetische Polarität im ganzen Kreise gesetzt, wie durch die Ausgleichung des $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes am warmen Berührungspunkte aa', welches als eine nothwendige Folge aus den sämmtlichen hier angeführten und aus den Erscheinungen abgeleiteten Gesetzen hervorgeht.

Es ist leicht einzusehen, dafs es in Beziehung auf die $\mp x$ und $\pm x$ Zustände der Metalle in dem Kreise AB Fig. 22. gleich ist, ob der Berührungspunkt aa' erwärmt wird und bb' die gewöhnliche Temperatur behält, oder ob bb' allein erkältet wird und aa' die gewöhnliche Temperatur behält; dafs immer die $\pm x$ und $\mp x$ Zustände, und also auch die Actionen an beiden Berührungspunkten dieselben bleiben, wie in dem Falle, wo aa' erhitzt, und bb' zugleich abgekühlt wird, — wobei nur der Unterschied statt findet, dafs in diesem letzteren Falle die Wirkung an jedem der beiden Berührungspunkte verstärkt wird, und dafs also auch die magnetische Polarität in diesem Falle stärker seyn wird als in den beiden ersteren.

Befinden sich alle vier Enden der Metallbogen A und B (Fig. 23.) in gleichem Temperatur-Zustande, — oder sind die beiden Enden ab oder $a'b'$ eines jener beiden Bogen gleichmäfsig in der Temperatur erhöht worden, die am andern Bogen aber unverändert geblieben, oder in der Temperatur gleichmäfsig erniedrigt worden, so findet zwar gleichfalls an jedem der beiden Berührungspunkte aa' und bb' ein $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatz statt, es hat aber bei Schliefsung des Kreises AB die Action an dem einen Berührungspunkte die entgegengesetzte Richtung von der am andern, und ist dort eben so stark als hier; es hebt also die Action in aa' die magnetische Polarisation, welche durch die Action in bb' gesetzt wird, vollständig auf, der Kreis AB (Fig. 23.) wird also keine magnetischen Pole besitzen.

Auch der Kreis AB Fig. 24, in welchem das warme Ende a von A mit dem kalten Ende b' von B und das kalte Ende b von A mit dem warmen Ende a' von B in Berührung gebracht worden, ist dann

magnetisch unpolar, wenn der durch Erhöhung der Temperatur in $a\,A$ Fig. 24. gesetzte $\pm x$ Zustand dem durch Temperaturerhöhung in $a'\,B$ gesetzten $\mp x$ Zustande in der Stärke gleich ist, oder wenn der durch künstliche Erkältung in $b\,A$ Fig. 25. gesetzte $\mp x$ Zustand dem durch Erkältung in $b'\,B$ gesetzten $\pm x$ Zustand gleich ist, weil auch in diesen beiden Fällen die die magnetische Polarität erzeugende Action am Berührungspunkte $b\,a'$ der in $a\,b'$ gleich und die Richtung der einen der von der andern entgegengesetzt ist.

Eine vollständige Aufhebung der magnetischen Polarität findet jedoch in dem Kreise Fig. 24. nicht statt, wenn beide Metalle A und B ein gleiches Volumen haben und die beiden Enden a und a' gleichzeitig in einer und derselben Wärmequelle in der Temperatur erhöht werden, während die Enden $b\,b'$ unverändert bleiben; sondern es bleibt dann immer eine schwache magnetische Polarität übrig, wobei die Metalle A und B in Fig. 24. dieselbe Lage gegen die Weltgegenden behalten, welche sie in Fig. 22. bei gleicher Richtung der magnetischen Pole hatten. Hieraus geht hervor, dafs der Berührungspunkt $a\,b'$ der wärmere und $b\,a'$ der kältere ist. Diese Ungleichheit in der Temperatur der beiden Berührungspunkte ist eine Folge der verschiedenen Wärmecapacität der beiden Metalle A und B, von welchen das erstere sich in a im Zustand einer gröfsern relativen Wärme befindet als das letztere in a'. Die Action am Berührungspunkte $a\,b'$ mufs daher der am Berührungspunkte $b\,a'$ überlegen seyn, und es mufs die durch $a\,b'$ gesetzte magnetische Polarität vorherrschen, obgleich beträchtlich geschwächt durch die in entgegengesetzter Richtung von $b\,a'$ erregte magnetische Polarität. Eine völlige Aufhebung jener Polarität kann also dann erst erfolgen, wenn das Ende a' von B stärker erwärmt wird, als es bei dem eben erwähnten Verfahren möglich ist. Wird die Temperatur von a' noch weiter erhöht, während die von a unverändert bleibt, so müssen, wie leicht einzusehen, die Metalle A und B in Fig. 24. eine umgekehrte Lage, bei gleicher Richtung der magnetischen Pole des Kreises, erhalten, weil nun $b\,a'$ der wärmere Berührungspunkt ist, und oben liegt u. s. w.

Ein dem Kreise $A\,B$ Fig. 24. ähnliches Verhalten zeigen, unter gleichen Umständen, alle übrigen zweigliedrigen Kreise, welchen Theilen

unserer magnetischen Reihe die beiden sie bildenden Metalle auch angehören mögen. Sind beide im Volumen gleich, und sind die Enden $a\,a'$ gleichzeitig in einem gleichförmigen Medium von hoher Temperatur erwärmt worden, oder sind die Enden $b\,b'$ gleichzeitig in einem gleichförmigen Medium von niedriger Temperatur abgekühlt worden, so behält immer derjenige Berührungspunkt das Uebergewicht über den andern, an welchem sich das warme Ende a oder a' des Metalls befindet, dessen relative Wärme am gröfsten ist. — So z. B. ist die relative Wärme von Kupfer gröfser als die von Antimon und von Wismuth; es wird also Kupfer in gleicher Wärmequelle stärker $\pm x$ in a gegen Wismuth werden, als dieses $\mp x$ in a' gegen Kupfer wird. Dagegen wird Kupfer unter den angegebenen Bedingungen in a' als stärkerer $\mp x$ Körper gegen Antimon hervorgehen, als dieses in a $\pm x$ Körper gegen Kupfer ist. — In dem zweigliedrigen Kreise $K\,B$ wird also der Gegensatz des $\pm x$ und $\mp x$ Zustandes am Berührungspunkte $K\,a$ mit $B\,b'$ gröfser seyn, als die am Berührungspunkte $K\,b$ mit $B\,a'$; dagegen wird in dem Kreise $A\,K$ der Gegensatz des $\pm x$ und $\mp x$ Zustandes gröfser im Berührungspunkte $A\,b$ mit $K\,a'$ seyn, als im Berührungspunkte $A\,a$ mit $K\,b'$, und es bleibt also in beiden Fällen die durch die Action am ersten Berührungspunkte gesetzte und bis zu einem gewissen Grade durch die Action am zweiten Berührungspunkte geschwächte magnetische Polarität fortwährend wirksam, dort die von $K\,a$ $B\,b'$ und hier die von $A\,b$ $K\,a'$ ausgehende Polarität.

Wenn zwei Metalle aus einer und derselben Hälfte unserer magnetischen Reihe (Tabelle §. 45.) mit einander verbunden werden, so finden wir, 1) wenn die beiden Metalle der obern oder östlichen Hälfte der Reihe angehören, das in der Reihe höher stehende H (Fig. 26.) mit seinem warmen Ende a' und dem kalten Ende b' ganz in derselben Lage, in welcher die beiden Enden dieses Metallbogens sich auch bei gleicher Richtung der magnetischen Pole befinden würden, wenn er als einfacher Kreis geschlossen würde. — Das andere in der Reihe tiefer stehende Metall T finden wir dagegen mit seinen Enden a und b in der entgegengesetzten Lage von derjenigen, welche es, bei gleicher Richtung der magnetischen Pole, im einfachen Kreise einnehmen würde. (Vergl. H und T Fig. 26 mit P Fig. 18). 2) Sind beide Me-

talle aus der untern oder westlichen Hälfte der Reihe, so befinden sich die Enden a und b des tiefer stehenden T (Fig. 26) in derselben Lage, welche sie im einfachen Kreise hatten, und am höher stehenden Metall H befinden sich a' und b' in der entgegengesetzten Lage. (Vergl. T und H Fig. 26 mit S Fig. 19).

Sind nun die Metalle der obern Hälfte der Reihe, als einfache Kreise, bei der ersten Temperatur-Veränderung (wie oben angenommen worden) am warmen Ende $a \mp x$ und am kalten Ende $b \pm x$, und sind die Metalle aus der untern Hälfte der Reihe am warmen Ende $\pm x$ und am kalten Ende $\mp x$; so mufs also 1) in den zweigliedrigen, aus Metallen der obern Hälfte der Reihe zusammengesetzten Kreisen, H in stärkerem Grade in $a' \mp x$ seyn, als T in $a \mp x$ ist, und H mufs in stärkerem Grade in $b' \pm x$ seyn, als T in $b \pm x$ ist; es wird sich also T am Berührungspunkte aa' als $\pm x$ und am Berührungspunkte bb' als $\mp x$ Körper gegen H verhalten müssen. 2) In zweigliedrigen, aus Metallen der untern Hälfte der Reihe bestehenden Kreisen mufs T in stärkerem Grade in $a \pm x$ seyn, als H in $a' \pm x$ ist, und T mufs in stärkerem Grade in $b \mp x$ seyn, als H in $b' \mp x$ ist; und es wird sich also H am Berührungspunkte aa' als $\mp x$ und an bb' als $\pm x$ Körper gegen T verhalten müssen.

Es hat sich aus mehreren in dieser Abhandlung angeführten Thatsachen ergeben, dafs jene $\pm x$ und $\mp x$ Gegensätze in den zweigliedrigen Kreisen von einigen der in der magnetischen Reihe einander nahe stehenden Metalle und Metallmischungen leicht eine Veränderung erleiden, deren Folge die auf den ersten Anblick paradoxe Erscheinung der Aufhebung und Umkehrung der vorher bestandenen magnetischen Polarität, bei fortdauernder Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte aa' und bb' Fig. 26, ist. Es waren Alliagen, desgleichen Metalle, welche fremdartige Beimischungen enthielten, an denen diese Aenderungen des $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes vornehmlich bemerkt wurden.

So fanden wir §. 40 in Kreisen von Kupfer No. 2 mit Alliagen von Wismuth und Zinn, von Wismuth und Blei, von Wismuth und Antimon, desgleichen von Antimon mit Zink, bei einem bestimmten Mischungsverhältnifs der Bestandtheile der

Alliagen, die magnetische Polarität, bei fortbestehender Differenz der Temperatur beider Berührungspunkte, *aa'* und *bb'*, Null werdend.

Wir fanden ferner §. 41. ein Amalgam mit einigen ihm in der Reihe nahe stehenden Metallen, desgleichen ein Alliage von Wismuth und Zinn zu gleichen Theilen, in der Verbindung mit Kupfer No. 2, oder Gold No. 2, oder Silber bei einem bestimmten Grade der Erhitzung unmagnetisch, und dies Alliage, so lange es am Berührungspunkte *aa'* erwärmt, diesen Grad der Temperatur noch nicht erreicht hatte, unter, und so wie es ihn überschritten hatte, über jenen Metallen in der magnetischen Reihe stehend.

Auch fanden wir §. 44. einige Alliagen nach Veränderungen, welche sie durch schnelle oder langsame Abkühlung in der Form der Verbindung erlitten, an verschiedenen Stellen der magnetischen Reihe, woraus sich ergiebt, dafs die magnetische Polarität derselben in der Verbindung mit den zwischen den äufsersten Stellen jener Alliagen liegenden Metallen, ungeachtet der Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte *aa'* und *bb'*, in einem gewissen Temperaturzustande Null werden müsse; die Legirung von 78 Theilen Kupfer mit 22 Theilen Zinn in der Verbindung mit Platina No. 3 und Kupfer No. 2; Stahl in der Verbindung mit Zink, oder Silber, Gold, oder Kupfer No. 2 (1).

Eine Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation zweigliedriger Kreise von Metallen, welche derselben Hälfte der magnetischen Reihe angehören, kann durch Temperaturveränderung auf zweifache Art zu Stande kommen; 1) dadurch, dafs das eine der beiden Metalle *T* oder *H* (Fig. 26), welches gegen das andere am Berührungspunkte *aa'*, bei gewissem Temperaturverhältnifs beider Berührungspunkte, schwächer $\mp x$ oder schwächer $\pm x$ war, nach einseitiger stärkerer Erhitzung in *aa'* oder Erkältung in *bb'* in Gleichgewicht mit jenem *H* oder *T* kommt (z. B. Fig. 27), oder das Uebergewicht im $\mp x$ oder $\pm x$ Zustande in *aa'*, und im $\pm x$ oder $\mp x$ Zustande in

(1) Das langsam und jäh abgekühlte Antimon, dessen in der Note zum vorigen §. Erwähnung geschehen, gehört hierher, wenn es sich gleich in jenen doppelten Zuständen über keines der ihm zunächst stehenden Metalle der Reihe erhebt, und auch unter das tiefer stehende nicht hinabgeht, wie die übrigen der oben genannten Alliagen.

bb' erhält (z. B. Fig. 28); 2) dadurch, daſs dasjenige Metall, H oder T (Fig. 26), welches am Berührungspunkte aa' als überwiegend $\mp x$ oder $\pm x$ angesehen werden muſste, bei steigender Temperatur in jenem $\mp x$ oder $\pm x$ Zustande eine Schwächung erleidet, welche so weit gehen kann, daſs es gegen sein eigenes kaltes Ende, und nicht minder gegen das andere Metall T oder H sich endlich als $\pm x$ oder $\mp x$ Körper am Berührungspunkte aa' verhält, (in bb' also umgekehrt als $\mp x$ oder $\pm x$ Körper) je nachdem die Metalle der obern oder der untern Hälfte der Reihe angehören. Beispiele solcher Umwandlung des $\mp x$ in den $\pm x$ Zustand fanden wir §. 45. an den einfachen Kreisen von Gold No. 1, auch von Messing No. 2 und Antimon.

Es ist zu erwarten, daſs eine Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation zweigliedriger Kreise, bei fortbestehender Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte, aa' und bb', um so leichter erfolgen werde, wenn eines der Glieder desselben schon als einfacher Kreis ein doppeltes Verhalten zeigt, je nachdem das eine Ende desselben schwächer oder stärker erhitzt worden, wie z. B. unser Gold No. 1, welches am heiſsen Theile zuerst $\mp x$ und nachher $\pm x$ in Beziehung auf den kalten Theil ist.

Gehört ein solches Metall der obern oder östlichen Hälfte unserer Metallreihe an, (wie eben jenes Gold No. 1) so wird es, verbunden mit einem in der Reihe unter ihm stehenden Metall, (z. B. mit Kupfer No. 1.) bei dem ersten Grade der Erwärmung (in der mehrmahls angegebenen Lage der in der Temperatur verschiedenen Theile) in Osten stehen, und es befinden sich hier die Enden des Goldes No. 1 in derselben Lage gegen die Weltgegenden, wie im einfachen Kreise; aber Kupfer No. 1 befindet sich in umgekehrter Lage gegen die, welche es als einfacher Kreis annehmen würde. — Bei zunehmender Hitze am Berührungspunkte aa' muſs nun aber die magnetische Polarisation dadurch abnehmen, daſs Gold No. 1 in höheren Temperaturgraden geneigter wird $\pm x$ zu werden, so wie Kupfer No. 1 in demselben Verhältniſs sich mehr dem ihm natürlicheren $\mp x$ Zustande am heiſsen Ende nähert; die Polarität wird Null, und bei noch stärkerer Erhitzung von aa' die entgegengesetzte von der vorigen werden, wodurch also Gold No. 1 in W, und Kupfer No. 1 in O zu stehen kommen.

Ein später angestellter Versuch mit jenem Gold No. 1 und Kupfer No. 1 bestätigte dieses; jene beiden Metalle nahmen leicht, bei erhöhter Temperatur in aa', die umgekehrte Lage von der an, in welcher sie sich bei den ersten Graden der Erwärmung befanden.

Als ein anderes hierher gehörendes Beispiel könnte die §. 44 vorgekommene Legirung von 78 Theilen Kupfer mit 22 Theilen Zinn in ihrer Verbindung mit Kupfer No. 2 angeführt werden, wenn angenommen werden könnte, dafs diese Legirung sich rothglühend in demselben $\pm x$ Zustande befunden habe, in welchem wir sie im jäh abgekühlten gegen Kupfer No. 2 und gegen die langsam abgekühlte Legirung finden. Directe Versuche sind hierüber bisher noch nicht angestellt worden.

Ist nun eines jener Metalle aus der obern Hälfte der magnetischen Reihe, welches als einfacher Kreis einer doppelten Polarität fähig ist, mit einem in der Reihe über ihm stehenden Metall verbunden, z. B. Gold No. 1 mit Platina No. 1, so wird ein solcher Kreis niemahls eine Umkehrung seiner magnetischen Polarität erleiden, wenn das zweite Metall (hier Platina No. 1) bei mäfsiger und bei starker Erhöhung der Temperatur in a' unverändert $\mp x$ bleibt, ja es wird in diesem Falle vielmehr die sich bei der ersten Temperatur-Veränderung zeigende magnetische Polarisation, bei zunehmender Temperatur des Berührungspunktes aa', fortwährend wachsen, weil das in Westen stehende Gold No. 1, welches zuerst gegen Platina No. 1 in a nur als schwächerer $\mp x$ Körper auftrat, sich in höherer Temperatur entschiedener als $\pm x$ Körper verhalten mufs.

Ein Metall aus der untern Hälfte der magnetischen Reihe, welches als einfacher Kreis einer doppelten magnetischen Polarität, nach dem höheren oder niedrigeren Grade der Temperatur eines der Enden, fähig ist, wird mit einem Metall derselben Hälfte, welches als einfacher Kreis auch bei beträchtlicher Temperatur-Differenz der Enden unverändert die ursprüngliche Polarität behält, zum Kreise verbunden, nur dann eine Aufhebung und Umkehrung der ersten magnetischen Polarität, bei steigender Temperatur am Berührungspunkte aa', bewirken, wenn das andere Metall in unserer magnetischen Reihe über ihm steht. Dieses (H), welches sich zuerst in a' als $\mp x$ Körper verhielt, und in

höherer Temperatur gegen jenes (T) schon allein $\pm x$ in a' werden könnte, wird dies um so entschiedener seyn, wenn der ursprüngliche $\pm x$ Zustand von T in höherer Temperatur gegen dessen eigenes kaltes Ende $\mp x$ wird.

Als Beispiele einer durch die eben erwähnte Aenderung des $\pm x$ Zustandes von T bewirkten Umkehrung der magnetischen Polarisation zweigliedriger Kreise, von Metallen aus der untern Hälfte unserer Reihe, können die §. 44 genannten Kreise von langsam und jäh abgekühltem Stahl mit Zink oder Silber oder Gold No. 2 angeführt werden, und dies um so mehr, da sich aus später angestellten Versuchen ergeben hat, daſs der Stahl bei starker Erhitzung gegen jene Metalle eben so wohl $\mp x$ Körper wird, als es der jäh abgekühlte Stahl ist.

Auch die Kreise aus dem Alliage von Wismuth und Zinn zu gleichen Theilen, in der Verbindung mit Silber oder Gold No. 2 (§. 41) sind hier anzuführen, da dies Alliage, welches im festen Zustande zu den Metallen der untern Hälfte der Reihe gehört, im flüssigen Zustande in die obere Hälfte hinaufrückt.

*Ein Alliage von 3 Theilen Kupfer und 1 Theil Antimon, verbunden zum zweigliedrigen Kreise mit Zink, ändert gleichfalls, wie später gefunden wurde, sehr leicht seine erste und ursprüngliche Polarität. Schon ehe der Zink flieſst, tritt die Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation des Kreises ein, und das Alliage, welches vorher am a Ende $\pm x$ Körper gegen Zink in a' war, (S. §. 40) wird also schon in mäſsiger Temperatur gegen diesen $\mp x$ in a. — Im zweigliedrigen Kreise dieses Alliage mit Kupfer No. 2 erfolgte auch bei ziemlich starker Erwärmung des Berührungspunktes aa' keine Umkehrung der Polarisation. — Auch Kreise von Zink mit den andern beiden §. 40 angeführten Alliagen von Kupfer und Antimon behielten bei stärkerer Erhitzung ihre erste Polarität.

Daſs Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation, bei fortbestehender Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte in den zweigliedrigen Kreisen, nicht bloſs beschränkt sey auf Metalle, welche einer und derselben Hälfte unserer Reihe angehören, sondern daſs die Metalle oder Metallmischungen, welche in höherer Temperatur eine Veränderung ihres ersten $\pm x$ oder $\mp x$ Zustandes er-

leiden, auch in die entgegengesetzte Hälfte übergreifen, davon finden wir in den oben angeführten Kreisen von Stahl mit Kupfer No. 2, von dem Wismuth-Zinn-Alliage zu gleichen Theilen mit Kupfer No. 2 Belege, wo der $\mp x$ Zustand des jäh abgekühlten oder sehr heifsen Stahls, desgleichen der $\mp x$ Zustand des flüssigen Alliage in a dem $\mp x$ Zustande des Kupfers No. 2 in a' überlegen ist.

Verändert sich nun in den beiden, den entgegengesetzten Hälften der Reihe angehörenden Metallen, bei starker Erhitzung, der erste $\mp x$ und $\pm x$ Zustand derselben am Berührungspunkte aa', so wird auch um so leichter eine Aufhebung und Umkehrung der ersten magnetischen Polarität eintreten müssen, wie leicht einzusehen. Der zweigliedrige Kreis von Stahl mit dem Alliage von 78 Theilen Kupfer und 22 Theilen Zinn ist hier als Beispiel anzuführen (1).

(1) Folgende Schemata geben eine vollständige Uebersicht von dem Verhalten der Metalle, welche in höherer Temperatur eine Aufhebung und Umkehrung der ursprünglichen magnetischen Polarität als einfache und zweigliedrige Kreise erfahren.

Metalle der obern Hälfte der Reihe.

	In einfachen Kreisen.	In zweigliedrigen Kreisen.					
T'	heifs $\mp x$ kalt $\pm x$		sehr heifs $\mp x$	$\mp x$		sehr kalt $\pm x$	$\pm x$
H	warm $\mp x$ kalt $\pm x$	warm $\mp x$	warm $\pm x$		kalt $\pm x$	kalt $\mp x$	
T	warm $\mp x$ kalt $\pm x$	warm $\pm x$	warm $\mp x$		kalt $\mp x$	kalt $\pm x$	
H'	kalt $\mp x$ heifs $\pm x$		sehr heifs $\pm x$	$\pm x$		sehr kalt $\mp x$	$\mp x$

Metalle der untern Hälfte der Reihe.

	In einfachen Kreisen.	In zweigliedrigen Kreisen.					
T'	heifs $\mp x$ kalt $\pm x$		sehr heifs $\mp x$	$\mp x$		sehr kalt $\pm x$	$\pm x$
H	kalt $\mp x$ warm $\pm x$	warm $\mp x$	warm $\pm x$		kalt $\pm x$	kalt $\mp x$	
T	kalt $\mp x$ warm $\pm x$	warm $\pm x$	warm $\mp x$		kalt $\mp x$	kalt $\pm x$	
H'	kalt $\mp x$ heifs $\pm x$		sehr heifs $\pm x$	$\pm x$		sehr kalt $\mp x$	$\mp x$

48.* Nach solchen Erfahrungen über die Veränderlichkeit des Standes der fremdartige Beimischungen enthaltenden Metalle in der magnetischen Reihe bei verschiedenen Temperaturzuständen, wie im vorhergehenden §. angeführt worden, mufste sich die Frage aufdrängen: ob nicht aufser dem Gold No. 1 auch die übrigen in der Tabelle I und §. 31 vorkommenden, gleichnamigen und mit verschiedenen Nummern bezeichneten Metalle, nach stärkerer Erhitzung eines der Berührungspunkte derselben, in der Verbindung mit den zwischen ihnen liegenden Metallen, eine andere Stellung gegen diese erhalten möchten, als in den bisherigen Versuchen nach mäfsiger Erwärmung, besonders nachdem sich aus den ferneren Versuchen mit jenem Gold No. 1 ergeben hatte, dafs dies nicht blofs bei beträchtlicher Temperaturerhöhung des Berührungspunktes aa' Fig. 26 unter Kupfer No. 1, sondern auch unter Blei und Platina No. 3 herabrücke.

Ein gleiches Verhalten wurde auch wirklich an den beiden in der Reihe §. 31 hoch stehenden Kupfersorten No. 1 und No. 0, nach starker Erhitzung des einen Berührungspunktes derselben mit den eben genannten Metallen wahrgenommen; beide rückten bis zum Kupfer No. 2 herab, wie aus Tabelle II zu ersehen, wo die Resultate der mit zweigliedrigen Metallkreisen in höherer Temperatur als vorher unternomme-

---

Metalle aus den entgegengesetzten Hälften der Reihe,
H aus der obern *T* aus der untern Hälfte.

In einfachen Kreisen.			In zweigliedrigen Kreisen.			
H	langsam abgekühlt = mäfsig warm	warm $\mp x$ kalt $\pm x$	warm $\mp x$	kalt $\pm x$		
T'	jäh abgekühlt = sehr heifs	heifs $\mp x$ kalt $\pm x$			sehr heifs $\mp x$	sehr kalt $\pm x$
H'	jäh abgekühlt = sehr heifs	kalt $\mp x$ heifs $\pm x$			sehr heifs $\pm x$	sehr kalt $\mp x$
T	langsam abgekühlt = mäfsig warm	kalt $\mp x$ warm $\pm x$	warm $\pm x$	kalt $\mp x$		

T und *T'* bezeichnen einen und denselben Körper, doch in verschiedenen Zuständen, eben so *H* und *H'*.

nen Versuche zusammengestellt sind (1). — Kupfer No. 1. trat schon bei Erhitzung des einen Berührungspunktes durch zwei Lampen unter Blei und Zinn; Kupfer No. 0. nahm aber erst entschieden die Stelle unter Zinn und unter Messing No. 1 ein, wenn diese Metalle sich im fliefsenden und glühenden Zustande befanden. Messing No. 1. rückte schon bei mäfsiger Erhitzung unter Blei und Zinn. Gold No. 1. blieb zwar bei der bis zum Glühen getriebenen Erhitzung beider Metalle über Kupfer No. 2; es ist aber wohl kaum zu zweifeln, dafs es sich auch unter dieses und dem Gold No. 2. näher stellen werde, wenn es sich im Flusse befindet, und wohl noch früher.

Die reine Platina No. 1. finden wir unverändert an derselben Stelle in Tabelle II, welche sie in der Reihe Tabelle I und §. 31 einnahm; die Platinasorten No. 3 und No. 4 dagegen, deren tieferer Stand in der Reihe, bei den ersten Versuchen, fremdartigen Beimischungen zugeschrieben wurde, sehen wir hier, nach stärkerer Erhitzung des einen Berührungspunktes derselben, mit allen zwischen den äufsersten Gränzen jener Platinasorten der ersten Tabelle befindlichen Metallen, über diese zu der reinen Platina hinauf gerückt, gleichsam als ob die Platina in jenen Legirungen No. 3 und No. 4 erst in höherer Temperatur vorwirkend würde und als ob vorher die Beimischungen, oder die mit fremdartigen Theilen vermischte Platina (als einfacher Körper angesehen) das Uebergewicht gehabt und die magnetische Polarisation bestimmt hätte.

Wir finden ferner in Tabelle II den Stahl, welcher rothglühend war, nicht nur über die im vorigen §. genannten Metalle, sondern auch über Kupfer No. 0 und Messing No. 1. hinaufgerückt, und auch weiches Stabeisen (2) an derselben Stelle zwischen Zinn und Messing No. 1. — Dem vermehrten Gehalt an Kohlenstoff im Stahl und Eisen, ihnen zugeführt aus der zur Erwärmung angewandten Weingeistlampe, mag wohl

---

(1) Sie sind sämmtlich nach der Vorlesung vom 11. Februar 1822 angestellt worden, weshalb auch dieser §., als ein später hinzugefügter, mit einem Sternchen bezeichnet worden ist. Dasselbe Zeichen hat auch §. 47; dieser aber blofs deshalb, weil er manche neue Zusätze erhalten hat, welche nicht füglich in die Noten verlegt werden konnten.

(2) Am Stabeisen hat Hr. Cumming, Professor zu Dublin, welcher meine thermomagnetischen Versuche aufgenommen und seinerseits weiter verfolgt hat, zuerst ein doppeltes Verhalten gegen Zink, Silber, Kupfer, Gold und Messing, je nachdem eine

vorzüglich die veränderte Stellung derselben gegen die vom Zink bis zum Messing No. 1 in Tabelle II genannten Metalle zuzuschreiben seyn. Jener Kohlenstoff kann aber nur schwach mit dem Eisen und Stahl verbunden seyn, da beide bei abnehmender Hitze wieder in ihre ersten Stellen unter den Zink zurücktreten. Diese Erscheinung stimmt mit den in §. 43 angeführten Thatsachen wohl überein. — Ueber Zinn und Blei, welche sich in Tiegeln im glühenden Flusse befanden, erhoben sich weder das Eisen noch der Stahl, vielleicht nur deshalb nicht, weil hier kein Zuwachs von Kohlenstoff in denselben statt fand.

In Tabelle II befinden sich noch zwei Metalle in umgekehrter Stellung gegen diejenige, welche sie in Tabelle I einnahmen, — und zwar zwei sich in elektrischer Beziehung sehr auszeichnende Metalle, Silber und Zink. Das letztere dieser beiden finden wir hier nach stärkerer Erhitzung des einen Berührungspunktes in der magnetischen Reihe zwischen Kapellen-Silber und reinem Golde. Der zu diesen Versuchen benutzte Zink war schlesischer, wie er im Handel vorkommt. — Wurde ein die Boussole umschliefsender, halb aus diesem Zink und halb aus feinem Silber bestehender Bogen mit fliefsendem und bis zum Glühen erhitzten Zink geschlossen, so erfolgte, wenn das den unteren Theil des Bogens bildende Silber in das, in Süden stehende, fliefsende Metall zuerst und der Zinkstreifen zuletzt eingetaucht wurde, eine östliche Declination von ungefähr 40° Bewegung und ungefähr 15° festen Stand der Magnetnadel, woraus sich der in Tabelle II angegebene Stand des Zinks ergiebt. Wurde dagegen der der Zinkstreifen zuerst und der Silberstreifen zuletzt in den glühenden Zink getaucht, so erfolgte zuerst eine westliche Declination, diese ging aber, wenn der Kreis geschlossen blieb, bald in eine östliche über, und blieb östlich so lange das fliefsende Metall rothglühend war. Hatte die westliche Declination 15° — 20° Bewegung der Nadel betragen, so war die nach-

---

stärkere oder schwächere Hitze angewendet wird, wahrgenommen. Das Kupfer von Hr. Cumming scheint dem Kupfer No. 2. unserer Tabellen gleich zu seyn; dann aber ist das Gold von Hr. C. nicht chemisch reines, sondern den oben in der Tabelle §. 42. mit *k* bezeichneten Goldstücken ähnliches gewesen. Hrn. Cumming's Versuche und Beobachtungen findet man in den *Annals of Philosophy*. 1823, September und November, und in Schweigger's Journal 1824 im 4ten Heft.

folgende stehende östliche Declination 7° — 8°. — Nur so lange der Zink glühte, fand in dieser Lage der Glieder des Kreises eine östliche Declination statt; wie der Zink aber kälter wurde, so erfolgte immer nur eine westliche Declination, nicht bloſs wenn der Zinkstreifen, sondern auch wenn der Silberstreifen zuerst in das flieſsende Metall eingetaucht wurde, übereinstimmend mit den früheren Beobachtungen, denen zu Folge Silber über Zink in der Reihe §. 31 und Tabelle I gesetzt worden war. — Aus diesen Erfahrungen geht hervor, daſs der $\pm x$ Zustand, welchen der Zink bei mäſsiger Erwärmung am Ende a zeigt, bei stärkerer Erhitzung abnehmen muſs, und daſs Silber dagegen, welches sich, bei mäſsiger Erwärmung, gegen Zink, am Berührungspunkte $a\,a'$ als schwächerer $\pm x$ (und deshalb als $\mp x$) Körper verhalten hatte, bei stärkerer Erhitzung im $\pm x$ Zustande fortwährend zunehme. Hieraus folgt, daſs in einem Kreise von Silber und Zink, geschlossen mit flieſsendem Silber, der Zink immer über Silber stehend werde gefunden werden, man mag nun das Zink- oder Silberende des Bogens zuerst in das flieſsende Metall tauchen.

Zink glühend und selbst brennend, mit Kupfer No. 2, desgleichen mit Gold No. 2 zum Kreise verbunden, blieb unverändert unter diesen Metallen stehen.

Wismuth und Antimon behaupteten auch nach der Erhitzung bis zum Glühen ihre ersten Stellen an den äuſsersten Enden der Reihe, ja sie wurden dann viel stärker magnetisch als in niederen Temperaturgraden, glühender Wismuth in der Verbindung mit Platina No. 1, und Antimon in der Verbindung mit glühendem und brennenden Zink (1).

Von den leichtflüssigen Metallen waren in Thontiegeln bis zum Glühen erhitzt worden:

Blei . . . . in den Kreisen mit Kupfer No. 0, Platina No. 1, Eisen und Zinn.

Zinn . . . . - - - - Kupfer No. 0, Platina No. 1, Eisen, Stahl und Blei.

Zink . . . . - - - - Kupfer No. 2, Silber, Gold No. 2, Blei, Zinn und Antimon.

---

(1) In der Tabelle II ist in der letzten Zeile unter Zink *IV*, und in der dritten Zeile von unten unter Antimon *O* zu setzen.

Antimon - - - - Platina No. 1.
Wismuth - - - - Platina No. 1.
Messing No. 1. - - - - Kupfer No. 0.

In allen übrigen in Tabelle II angeführten Versuchen waren die Metallstangen und Blechstreifen mit messingenen Schraubenzwingen (doch getrennt von diesen durch Porzellanscheibchen) an einander befestigt und über einer doppelten Weingeistlampe erhitzt worden.

Eine Erscheinung verdient noch angeführt zu werden, welche an einigen zweigliedrigen Kreisen der letzteren Art mehrmahls wahrgenommen wurde. In Kreisen von Kupfer mit Antimon oder von Kupfer mit Zink wurde nämlich bei schneller, starker Erhitzung des einen Berührungspunktes von Zeit zu Zeit ein Klang gehört, wobei jedesmahl die Magnetnadel, deren Bewegung etwas gestockt hatte, plötzlich weiter rückte, und von dem erreichten Stande nicht wieder zurückkehrte. Auch bei der Abnahme der Declination, nach ausgelöschten Lampen, glaube ich einigemahl eine solche plötzliche Beschleunigung in der nun rückgängigen Bewegung der Magnetnadel bemerkt zu haben, wenn sich jener Klang vernehmen liefs. — Selbst anhaltende Töne wurden in einigen jener zweigliedrigen Kreise gehört, namentlich in Kreisen von Messing und Zinn, desgleichen von Messing und Blei, wo sogar Doppeltöne, ein sehr tiefer und ein hoher, beide schwach doch sehr deutlich zu hören waren. Die magnetische Polarisation in diesen beiden Kreisen war dabei sehr schwach; die Declination der Magnetnadel innerhalb derselben betrug nicht über $1\frac{1}{2}$ bis 2 Grad.

49. Sobald gefunden war, dafs eine magnetische Polarität nicht nur in einfachen Metallbogen bei der Berührung der in der Temperatur verschiedenen Enden hervortrete, (§. 45.) sondern dafs sie auch in scheinbar homogenen, gegossenen Metallringen u. s. w. nach partieller Erhöhung der Temperatur nicht fehle, (§. 46.) so konnte man wohl erwarten, auch in einfachen, geraden Metallstangen und in Scheiben u. s. w. eine magnetische Polarität bei eintretender Temperatur-Differenz zu entdecken. — Die Erfahrung bestätigte dies, doch waren es nur die spröden und sich durch leichte Krystallirbarkeit auszeichnenden leichtflüssigen Metalle und einige Alliagen, welche in der

oben erwähnten Form eine deutliche, obwohl schwache magnetische Polarität zeigten (1).

Die ersten Versuche wurden mit viereckigen Stangen von Antimon von 6 Zoll Länge und 5 Linien Dicke im Geviert, oder von 10 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke angestellt. An den meisten derselben waren schwache magnetische Pole wahrzunehmen, wenn das eine Ende derselbe, *α* oder *β* Fig. 29. allein erwärmt worden war, und zwar wurden die Pole entweder von zwei der einander gegenüber liegenden Seitenflächen, oder, noch häufiger, an den entgegengesetzten Kanten der Stange gefunden. War z. B. das Ende *α* erwärmt worden, so lag an mehreren Antimonstangen der *s* Pol in *a'* und der *n* Pol in *b'* (s. Fig. 29. u. 30.), wie sich aus der anziehenden und abstofsenden Wirkung jener Kanten auf die Pole einer sehr beweglichen Magnetnadel ergab. Die Kanten *c'* und *d'* verhielten sich der magnetischen Mitte der gewöhnlichen Magnetstäbe gleich.

Diese Stangen waren aber nicht der ganzen Länge nach magnetisch polar, nicht von *a'* bis *a''* *s* Pol und von *b'* bis *b''* *n* Pol (Fig. 29.); sondern die Ausdehnung des durch Erwärmung am *α* Ende polar gewordenen Theils wurde nur auf einen kleinen Raum beschränkt gefunden, welcher sich auch nach plötzlicher, ziemlich starker Erhitzung an der zehnzölligen Stange nicht bis über die Mitte derselben *ab* erstreckte. Das Ende *β*, welches weder erwärmt noch erkältet worden war, zeigte keine Wirkung auf die Magnetnadel.

Der Magnetismus war immer in dem ersten Moment nach der Erwärmung des Endes der Stange am stärksten, nahm aber sehr bald ab, wie die Wärme sich in derselben weiter ausbreitete. An den kalten Metallstäben war keine Spur von Polarität zu entdecken, und eben so wenig, wenn sie der ganzen Länge nach gleichförmig erwärmt worden waren. — Für die Polarisation u. s. w. war es auch hier gleichgültig, wie die Stangen erwärmt wurden, ob über Lampen oder auf heifsen Bolzen.

---

(1) Alle in diesem und dem folgenden Paragraph vorkommenden Beobachtungen, Versuche u. s. w. wurden in der Königl. Akademie am 25. October 1821 vorgetragen.

In der Lage der Pole, so wie in der Stärke der Polarität stimmen selten zwei Metallstangen mit einander überein, und auch in der Polarisation der beiden Enden einer und derselben Stange findet man, nach alleiniger Erwärmung jeder derselben, eine beträchtliche Verschiedenheit.

Tritt an einer Stange von Antimon, bei Erwärmung des Endes α der s Pol in a' und der n Pol in b' (Fig. 29.) hervor, so kann, nach alleiniger Erwärmung des Endes β gleichfalls an der Kante a'' der s Pol und in b'' der n Pol liegen. An einer andern Stange von Antimon, welche sich der vorigen am Ende α gleich verhält, findet man dagegen, bei Erwärmung des Endes β, den n Pol in a'' und den s Pol in b'' (s. Fig. 29. u. 30.); — und an einer dritten Stange desselben Antimons, welche sich den beiden vorhergehenden im α gleich verhält, kann man am Ende β den n Pol im c'' und den s Pol im d'' (Fig. 29.) oder umgekehrt finden, oder auch an zwei einander gegenüber liegenden Seitenflächen; ja es kann die magnetische Polarisation nach Erwärmung von β so schwach seyn, dafs kaum eine Wirkung derselben auf die Magnetnadel wahrzunehmen ist, während die Polarität nach Erwärmung des Endes α sehr deutlich gewesen war. — Manche Antimonstangen werden auch, welches Ende man allein erwärmen mag, immer nur höchst schwach, kaum merklich polar.

Werden die beiden Enden der Stange α und β zugleich erwärmt, und bleibt die Mitte derselben kalt, so findet man α und β eben so polarisirt wie vorher, da sie einzeln erwärmt worden waren.

Werden die Stangen in der Mitte ($abcd$ Fig. 29.) allein erwärmt, und bleiben die beiden Enden kalt, so zeigt sich abermals eine magnetische Polarität, und zwar eine doppelte, die eben so wie die vorhin beschriebene am stärksten ist in der Nähe der erwärmten Stelle, und abnimmt nach den Enden α und β zu. Die Pole haben in den verschiedenen Stangen auch verschiedene Lagen. — An denjenigen Antimonstangen, welche als die regelmäfsigsten anzusehen waren, (eine Benennung, die weiter unten gerechtfertigt werden wird) wurden, nach Erwärmung der Mitte $abcd$ Fig. 29, links von a ein n Pol und links von b ein s Pol, — dagegen rechts von a ein s Pol und rechts von b ein n Pol gefunden (s. Fig. 30.).

Wenn eine Stange von Antimon gleichförmig erhitzt worden, (was am besten auf einem heifsen Bolzen geschieht), so sind an ihr keine Pole zu entdecken; — es treten aber sogleich welche hervor, sobald nur ein Theil jener Stangen plötzlich abgekühlt wird, — aber diese neuen Pole sind die entgegengesetzten von denen, welche sich bei der partiellen Erwärmung desselben Theils der Stange gezeigt hatten, während der übrige Theil kalt war. Z. B. hatte eine Antimonstange nach Erwärmung des Endes α (Fig. 29.) den s Pol in a', den n Pol in b', so liegt an derselben Stange, nachdem sie gleichförmig erwärmt und in α plötzlich abgekühlt worden, der n Pol in a' und der s Pol in b'; — und so findet man an jedem Ende der Stangen, nach partieller Abkühlung derselben, die entgegengesetzten Pole von denen, welche nach der partiellen Erwärmung derselben an den Kanten oder Flächen erschienen waren. Dies ist ein allgemeines Gesetz für alle einer magnetischen Polarisation fähigen geraden Metallstangen, wie verschieden auch die Lage der Pole an den beiden Enden, der Mitte u. s. w. seyn mag. — Die Abkühlung der heifsen Stangen kann im Wasser oder Weingeist geschehen, der Erfolg bleibt immer derselbe; auch läfst sie, so wenig als die partielle oder totale Erwärmung der Stangen, eine bleibende Veränderung in denselben zurück. Nach jeder neuen Erwärmung findet man die Pole an denselben Stellen und in gleicher Stärke, wie bei der ersten Erwärmung und vor der plötzlichen Abkühlung. — Ist das Ende α durch Abkühlung polar geworden, so wird β, welches nicht abgekühlt worden, bis zur Mitte der Stange unpolar gefunden, analog dem Verhalten der kalten und blofs in α erwärmten Stange am Ende β.

Der Magnetismus hält sich in den einfachen geraden Metallstangen von der angegebenen Dicke länger als in dünnen Stangen, die übrigen Dimensionen gleich gesetzt. — Nach dem Zerbrechen einiger der wirksamsten Antimonstäbe fand sich, dafs diese oder die Enden derselben, welche eine stärkere magnetische Polarität bei partieller Erwärmung gezeigt hatten, strahlen- oder sternförmig gegen den Mittelpunkt zu krystallisirt waren. Nur in wenigen der feinkörnig krystallisirten Stücke war die Polarisation jenen in der Stärke gleich, in den meisten schwächer, und diejenigen, welche bei der Erwärmung am

schwächsten polar gefunden wurden, waren alle ohne Ausnahme feinkörnig krystallisirt.

Da die meisten jener Stangen aus Antimon, wie er im Handel vorkommt, bestanden, dieser aber Eisen enthält, wenn gleich nur in geringer Menge, so wurde versucht, ob jene Stangen nicht auch durch Streichen mit starken Magnetstäben eine Polarität annehmen. Dies erfolgte nicht; ja selbst Bruchstücke von Antimonstäben, die durch Temperaturveränderung leicht magnetisch wurden, folgten nicht einmal dem Magnet, als sie in Papierschälchen auf Wasser oder Quecksilber schwammen. Stangen von reinem Antimon, doch gegossen in eisernen Formen, verhielten sich denen von käuflichem Antimon gleich.

Stangen von Wismuth zeigten ganz dasselbe Verhalten wie die von Antimon. An den meisten derselben waren deutliche Pole zu erkennen, wenn das eine oder das andere Ende der Stangen erwärmt wurde; und die Polarität jener Enden war die entgegengesetzte von der vorigen, wenn die gleichförmig erhitzte Wismuthstange an demselben Ende in Weingeist plötzlich abgekühlt wurde.

An einfachen geraden Stangen von reiner Platina, feinem Silber (Brandsilber), Messing und geschmiedetem Kupfer war keine deutliche Polarisation, weder bei Erwärmung noch bei Abkühlung eines Endes derselben, zu bemerken. Nur an einer einzelnen gegossenen Kupferstange zeigte sich ein höchst schwacher Magnetismus, doch keine regulären Pole. Eine gegossene Zinkstange bewirkte, nach Erwärmung des einen Endes derselben, eine schwache doch deutliche Bewegung der Magnetnadel, und hatte bestimmte Pole.

Beträchtlicher war die magnetische Polarisation einiger Alliagen, namentlich der aus Wismuth mit Kupfer, und aus Wismuth mit Antimon gebildeten. Die ersteren wurden in allen drei §. 40. angegebenen Verhältnissen, bei Erwärmung der Enden, stark magnetisch, die letzteren wurden schwächer, doch immer deutlich polar. — Die Alliagen von Antimon und Zink in den drei §. 40. angegebenen Verhältnissen wirkten, nach partieller Erwärmung, stark auf die Magnetnadel. Auch die Alliagen von Antimon mit Kupfer zeigten, unter gleichen Umständen, eine schwache Polarität, welche in dem Alliage von Antimon mit Kupfer zu gleichen Theilen am stärksten und

in dem von einem Theil Antimon mit drei Theilen Kupfer am schwächsten war.

In allen diesen Stangen kann nur dadurch eine Polarität bei partieller Erwärmung oder Abkühlung erfolgen, dafs die oberhalb und unterhalb der Pole gelegenen Theile der Stangen von verschiedener Beschaffenheit sind (im Mischungsverhältnisse, der Dichtigkeit, Härte, Wärmeleitung u. s. w.). Es unterscheiden sich also diese geraden einfachen Metallstäbe nur darin von den oben §. 46 angeführten gegossenen Ringen von Antimon und Wismuth, dafs in jenen die beiden heterogenen Hälften unmittelbar ihrer ganzen Länge nach, in den Ringen aber nur die Enden mit einander in Berührung stehen. — Eine Antimonstange *αβ* Fig. 29, deren *s* Pol bei Erwärmung von *α* an der Kante *a'*, und deren *n* Pol an der Kante *b'* liegt, ist also anzusehen wie ein zusammengedrückter Kreis, bestehend aus zwei heterogenen Theilen, *a' b' c' c b a* und *a' b' d' d b a*, von welchen der obere Theil *c' c* sich als westliches (antimonartiges), der untere Theil *d' d* sich als östliches (wismuthartiges) Metall verhält, — in welchem Kreise *d' c' c d*, durch die Temperatur-Differenz von *d' c'* gegen *d c*, eine magnetische Polarisation hervorgerufen wird, wenn gleich jene beiden heterogenen Hälften sich der ganzen Länge nach in *a' a b' b* mit einander in Berührung befinden. — Wäre nun die ganze obere Hälfte der Stange der ganzen Länge nach von *c'* bis *c''* westliches Metall und die untere Hälfte von *d'* bis *d''* östliches Metall, so würde bei der Erwärmung des Endes *β* der *n* Pol in *a''* und der *s* Pol in *b''* liegen müssen; es würde sich ferner bei Erwärmung der Mitte der Stange ein anomaler Magnet, mit doppelten, entgegengesetzt liegenden Polen bilden müssen, wie der oben beschriebene, d. h. es würde hier links von *a* ein *n* Pol und rechts ein *s* Pol, und an der gegenüberliegenden Kante *b* links ein *s* Pol und rechts ein *n* Pol hervortreten müssen (s. Fig. 30.), weil durch die Erwärmung in der Mitte zwei polare Kreise, *d' c' c d* und *d'' c'' c d*, entstehen, welche sich gegen einander in umgekehrter Lage befinden. — Es ist leicht einzusehen, dafs eine Stange, welche ihrer ganzen Länge nach gleichförmig erwärmt worden, nach der partiellen plötzlichen Abkühlung der Enden oder der Mitte, die entgegengesetzte Polarität wie nach der partiellen Erwärmung dieser Theile wird zeigen müssen.

Wenn die schwache, sich im Gufs jener Metalle und Metallmischungen bildende Heterogenität diesen schon das Vermögen zur magnetischen Polarisation ertheilen konnte, so war von Apparaten, in welchen zwei verschiedene Metalle der ganzen Länge nach durch Schmelzung mit einander verbunden worden, eine beträchtlich stärkere Wirkung zu erwarten, wodurch denn auch die schon aus jenen regulären einfachen Stangen, im Sinne der eben gegebenen Erklärung zu unternehmende genaue Bestimmung der Lage der heterogenen Theile in den übrigen, wenn auch noch so verschieden polarisirten einfachen Stangen, eine neue und wichtige Bestätigung erhalten mufste.

In dieser Beziehung wurden mehrere zweigliedrige gerade Metallstangen verfertigt, namentlich aus Wismuth mit Antimon, aus Glockengut mit Antimon, aus Kupfer mit Antimon und aus Zink mit Antimon, in welchen je zwei der genannten Metalle der ganzen Länge nach durch Schmelzung (nicht durch Löthung) mit einander verbunden waren (s. Fig. 31.). Die magnetische Polarität in diesen Stäben verhielt sich, nach partieller Erwärmung der Enden oder der Mitten derselben, genau so wie an den zuletzt erwähnten, ihnen ähnlichen einfachen Metallstäben, welche sie nur in der Stärke der Polarität übertrafen, nicht aber bedeutend in der Ausdehnung des bei der Erwärmung polarisirten Theils. In Fig. 31. ist die Lage der Pole an einem aus Kupfer und Antimon zusammengesetzten Stabe angegeben, welche nach Erwärmung der Enden α und β erscheinen, wenn die Mitte kalt ist, woraus zugleich zu ersehen, dafs sich hier eben so wohl wie bei der Erwärmung der Mitte des Stabes, während die Enden desselben die gewöhnliche Temperatur behalten, Doppelmagnete bilden, wie oben beschrieben und Fig. 30. abgebildet worden. — Giebt man der zweigliedrigen Stange Fig. 31. die Stellung, dafs der heifse Berührungspunkt (z. B. das Ende α) sich unten befindet, während der n Pol derselben gegen Norden gerichtet ist, so findet man auch hier das in unserer magnetischen Reihe (§. 31.) tiefer stehende Metall in W, das andere in O; also genau so wie in den zweigliedrigen Kreisen, von welchen sich die zweigliedrigen Stäbe nur durch schwächere Action unterscheiden.

Aus diesem für alle Arten von einfachen und zweigliedrigen Kreisen und geraden Metallstangen geltenden Polarisations-Gesetze ergiebt sich also, dafs jede Abweichung der Lage der magnetischen Pole von der Fig. 30 und 31. angeführten regelmäfsigen Vertheilung derselben, als eine sichere Anzeige von einer Ungleichheit in der Lage der heterogenen Theile der Apparate anzusehen sei. Würde z. B. an der einfachen Metallstange Fig. 29. bei Erwärmung von α der s Pol in a' der n Pol in b', bei Erwärmung von β der s Pol in c'' und der n Pol in d'' gefunden, so folgt daraus, dafs die heterogenen Theile an beiden Enden der Stange sich in der unregelmäfsigen Lage befinden, dafs am Ende α das westliche Metall oben, das östliche unten, am Ende β aber das westliche Metall vorne in $a'' a$, das östliche Metall hinten in $b'' b$ liegt (1).

Der aus Kupfer und Antimon zusammengesetzte Apparat, welcher in der Fig. 31. angegebenen Form ein Transversal-Magnet zu nennen war, wird leicht in einen, den gewöhnlichen Magnetstäben ähnlichen Longitudinal-Magnet verwandelt, wie aus Fig. 32. zu ersehen. Dieser Apparat, welcher sich von dem Fig. 11. dargestellten darin unterschei-

(1) Die an den gegossenen Ringen von Antimon gemachte Erfahrung, dafs die zur magnetischen Polarisation derselben erforderliche Heterogenität sich während des Gusses durch ungleiche Abkühlung des Metalls erzeuge, liefs erwarten, dafs die Heterogenität in den einfachen geraden Stangen denselben Ursprung habe. Später angestellte Versuche bestätigten dies. — An einer Stange von Antimon, welche in einer halb heifsen und halb kalten eisernen Form gegossen worden war, wurden bei partieller Erwärmung oder Erkältung deutliche Pole gefunden, und zwar an den einander gegenüber liegenden Kanten, wo die kalte und warme Hälfte der Form mit einander in Berührung gewesen waren. Wurde das obere Ende der Stange (α Fig. 29.), welches sternförmig krystallisirt war, allein erwärmt, so befand sich, indem der s Pol desselben in a', der n Pol in b' lag, der Theil der Stange, welcher in der heifsen Hälfte der Form erstarrt war, oben, der aus der kalten Hälfte der Form unten; $c' c$ verhielt sich also als westliches und $d' d$ als östliches Metall. Bei Erwärmung des unteren Endes β, welches feinkörnig krystallisirt war, lag der s Pol gleichfalls an der Kante a'', der n Pol in b'', wenn der in der heifsen Hälfte der Form erstarrte Theil der Stange sich oben befand; hier verhielt sich also $c'' c$ als östliches und $d'' d$ als westliches Metall. — In der Polarisation stimmt das obere Ende dieser Stange (α) mit der des gegossenen Ringes von Antimon (§. 46.) völlig überein, nicht minder auch mit der Polarisation des aus zwei Antimonstangen zusammengesetzten und §. 46. in der Note beschriebenen Kreises, bei erhöhter Temperatur der obern Enden (α und α') dieser Stangen. Denn an diesem Apparate verhält sich α der Stange aus der heifsen Form als westliches und α' der Stange aus der kalten Form als östliches

det, dafs die Kupfer- und Antimonplatten in demselbem der ganzen Länge und Breite nach durch Schmelzung mit einander verbunden sind, steht dem letzteren, bei gleicher Gröfse und Temperaturerhöhung der einen Seitenfläche, in demselben Verhältnisse nach, wie die zweigliedrige Stange Fig. 31. dem zweigliedrigen, aus denselben Metallen zusammengesetzten Kreise. In der Stärke und Dauer der magnetischen Polarisation übertrifft aber der Fig. 32. dargestellte Longitudinal-Magnet den Transversal-Magnet Fig. 31. bedeutend, wie aus der Verschiedenheit der plötzlich erregten Temperatur-Differenz in den äufsersten Berührungspunkten α und β jener beiden Apparate leicht zu ermessen ist.

50. Scheiben von Antimon oder von Wismuth wurden, nach Erwärmung einzelner Theile derselben, in nicht minderem Grade magnetisch gefunden, als die einfachen Stangen von diesen Metallen. Auch in den Scheiben war die Polarität um so stärker, je dicker sie waren. — Aus der Fig. 33. gegebenen Darstellung der Polarisation einer $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Scheibe von Antimon ist zu ersehen, dafs jeder Theil einer solchen Scheibe, nach der Erwärmung jedes der einzelnen Punkte von

---

Metall, wenn α und α' gleichzeitig erwärmt werden, hingegen β und β' jener beiden Stangen kalt bleiben; — und in der einfachen in halb heifser und halb kalter Form gegossenen Stange fanden wir, bei Erwärmung des Endes α, den in der heifsen Hälfte erstarrten Theil gleichfalls als westliches, und den in der kalten Hälfte erstarrten Theil als östliches Metall. Das untere Ende β der einfachen Antimonstange weicht aber von dem Verhalten des eben erwähnten aus zwei Stangen zusammengesetzten Kreises an den Enden β und β' ab, indem an jener das Metall aus der heifsen Hälfte der Form sich als östliches, das aus der kalten Hälfte als westliches verhält; während in dem aus zwei Stangen zusammengesetzten Kreise die aus der heifsen Form sich fortwährend als westliches und die aus der kalten Form sich als östliches Metall verhält. — Das abweichende Verhalten dieser einfachen Antimonstange am Ende β rührt wahrscheinlich daher, dafs das fliefsende Metall, welches gegen die heifse Hälfte der Form ($c'c''$ Fig. 29.) zu gegossen wurde, in c abprallte und gegen d'' zurückgeworfen wurde, von wo es, getrieben durch das nachfliefsende Metall, in die Hälfte c'' stieg und dort erst erstarrte; wodurch denn dieser Theil des Metalls sich gegen das in d'' später erstarrte, als das aus der kälteren Hälfte kommende verhalten mufste. Die Polarität war am Ende β dieser Stange auch sehr viel schwächer als am Ende α bei gleicher Temperatur-Veränderung, entsprechend dem schwächeren Gegensatze, welcher sich unter den angegebenen Bedingungen in β nur bilden konnte. An einer in halb heifser und halb kalter eiserner Form gegossenen Stange von Glockengut war, nach Erwärmung der Enden, keine solche magnetische Polarität zu entdecken, wie an jener Stange von Antimon.

A bis *F* und *D*, völlig in derselben Art polarisirt ist, wie es auch ein Segment der Scheibe gewesen seyn würde, wenn es in der Mitte allein in der Temperatur erhöht worden wäre. Denn eben so wie durch Erwärmung der Scheibe *A B C F E D* am Punkte *A* sich ein Doppelmagnet bildet, an welchem links von *A* auf der obern Fläche ein *n* Pol und auf der untern Fläche ein *s* Pol, rechts von *A* aber oben ein *s* Pol und unten ein *n* Pol hervortritt, eben so würde auch das Segment *A B D* bei alleiniger Erwärmung des Punktes *A* polarisirt seyn. — Eine so regelmäfsige Lage der Pole wie die in Fig. 33. abgebildete Scheibe nach Erwärmung der einzelnen Punkte *A* bis *F* und *D* zeigte, findet man nur selten; gewöhnlich sind an einigen der einander nahe liegenden Punkte zwei gleichnamige Pole einander zugekehrt, wenn auch die Folge der Pole an den übrigen Punkten alternirend ist, wie in Fig. 33. In dieser Scheibe Fig. 33. unterschieden sich einige der erwärmten Punkte nur in der Stärke der Polarität von einander, auch lagen die entgegengesetzten Pole an der obern und untern Fläche der Scheibe bald der Kante näher, bald entfernter von derselben.

Eine hohle, in einem Gufs verfertigte Kugel von Antimon wurde nach Erwärmung einzelner Stellen gleichfalls magnetisch polar, und zwar (analog der oben erwähnten Scheibe) völlig so wie auch ein Segment der Kugel bei Erwärmung des Mittelpunktes desselben für sich polar geworden wäre, d. h. es zeigten sich diesseits und jenseits des erwärmten Punktes *A* an der äufsern Fläche ein *n* und ein *s* Pol. Jeder dieser Pole schien die Hälfte des Segments einzunehmen, so dafs man in einer Ebene, welche wir die Aequatorialebene der Kugel nennen wollen, diesseits *A* einen *n* Pol und jenseits *A* einen *s* Pol, desgleichen in der die vorige rechtwinklig schneidenden Meridianebene oberhalb *A* einen *n* Pol und unterhalb *A* einen *s* Pol fand. Die Lage der Pole bei Erwärmung anderer Punkte der Kugel wich von der in *A* in manchen Stücken ab. — Wäre jedoch die Polarisation an einem zweiten Punkte *B* der von *A* völlig gleich gewesen, so würde in der Aequatorialebene der *n* Pol von *B* dorthin fallen, wo der *s* Pol von *A* lag, der *n* Pol in der Meridianebene aber oberhalb *B* nahe neben dem *n* Pol oberhalb *A*, und der *s* Pol unterhalb *B* nahe neben dem *s* Pol unterhalb *A*. Es ist also leicht einzusehen, dafs in einer regulä-

ren Kugel, in welcher die sämmtlichen in der Aequatorialebene liegenden, in der Temperatur erhöhten Punkte einander in der Polarisation gleich wären, die in der Aequatorialebene liegenden Theile der magnetischen Pole einander gegenseitig schwächen, und dafs dagegen die in den Meridianebenen liegenden Theile jener Pole einander gegenseitig verstärken müssen, dafs also die Polarität in den Meridianebenen schon hierdurch das Uebergewicht über die in der Aequatorialebene erhält; dafs ferner jene in den Meridianebenen oberhalb und unterhalb der Punkte *A B C D*... liegenden entgegengesetzten Pole noch beträchtlich verstärkt und ausgedehnt würden, wenn die Endpunkte jener Meridiane stark abgekühlt würden, während die Mitten derselben erwärmt werden; dafs ferner jede im entgegengesetzten Sinne erfolgende Polarisation eines einzelnen Punktes in der Aequatorialebene die durch die Mehrzahl jener Punkte gesetzte Polarität des ganzen Körpers schwächen mufs, und s. w.

51*. Eine viel stärkere magnetische Polarisation als jene einfache Metallkugel würde eine aus verschiedenen Erdarten, Erzen und Metallen zusammengesetzte Kugel zeigen, wenn die Erze und Metalle einen zusammenhängenden, symmetrisch geordneten Gürtel in derselben bildeten, und von den Berührungspunkten derselben einer um den anderen in der Temperatur erhöht würden. Befänden sich in einer ähnlichen Kugel mehrere einander parallel laufende Erz- und Metallgürtel, so würde die magnetische Polarität dieser Kugel stärker seyn, als die der vorigen, von einem einfachen Erz- und Metallgürtel (von gleicher Dicke mit einem der Gürtel in dieser) in einem der gröfsten Kreise durchzogenen Kugel, wenn die Ordnung aller in jenen Parallelzonen gelegenen Metalle nnd Erze gleichartig wäre, und die Temperatur-Differenz je zweier einander zunächst liegenden Berührungspunkte der in der erstgenannten Kugel gleich wäre. Die magnetische Polarität einer solchen mehrere parallele Erz- und Metallgürtel enthaltenden Kugel kann aber schwächer seyn, als die der Kugel mit einfachem Gürtel, wenn entweder die Ordnung der Metalle und Erze in einer beträchtlichen Zahl von Gliedern in jenen Gürteln der Ordnung in den übrigen entgegengesetzt, und die Temperatur-Verschiedenheit der alternirenden Berührungspunkte in allen jenen Gürteln gleich wäre, — oder wenn die Ordnung

der Metalle und Erze in allen jenen Gürteln zwar gleich, aber die Folge und Ordnung vieler der heifsen und kalten Berührungspunkte unsymmetrisch wäre; da in beiden Fällen ein Theil der Gliederpaare die durch die übrigen gesetzte magnetische Polarität aufheben würde.

Als eine solche, von Erz- und Metallgängen durchzogene Kugel, kann die Erdkugel, welche wir bewohnen, angesehen werden. Ueberall, wo nur Differenz der Temperatur an den Berührungspunkten der mit einander zusammenhängenden Erz- und Metallgänge statt findet, wird Magnetismus hervorgerufen werden, welcher um so stärker seyn mufs, je gröfser die Zahl der in gleichem Sinne wirkenden Gänge und je gröfser das Volumen derselben ist. Die in der Temperatur erhöhten Berührungspunkte werden dort liegen, wo die atmosphärische Luft zum Innern der Erdrinde bis auf beträchtliche Tiefen hinab Zutritt hat, also an den Orten wo sich Vulkane befinden oder in der Nähe derselben. Die kalten Berührungspunkte jener Erz- und Metallgänge wird man aber dort zu suchen haben, wo die Luft directe keinen Zutritt hat; und an solchen Punkten wird es ohne Zweifel im Innern der Erdrinde auch nicht fehlen. Wodurch auch der chemische Prozefs, welcher die Vulkane erzeugt, eingeleitet werde, so wird doch der Zutritt der atmosphärischen Luft denselben befördern, und so wird er auch die etwa durch Einwirkung des Wassers auf Erze oder Metalle schon begonnene Temperaturerhöhung beträchtlich steigern, wie analoge in unsern Laboratorien vorkommende Erscheinungen erwarten lassen.

Es ist, wie leicht einzusehen, eben nicht eine unerläfsliche Forderung, dafs die Temperaturerhöhung durch Einwirkung der atmosphärischen Luft den Berührungspunkt zweier verschiedenen Erze und Metalle unmittelbar treffe; eine magnetische Polarisation wird auch dann entschieden statt finden, wenn der mit dem Vulkan zusammenhängende Theil des Metall- und Erzganges sich in der Nähe des Berührungspunktes desselben mit einem andern Metall oder Erze befindet, und wenn der nächstfolgende Berührungspunkt derselben in der Temperatur bedeutend tiefer steht.

Die beiden grofsen Herde unterirdischen Feuers in der Nähe des Erdäquators, die von Mexiko, Guatimala und Quito, — desgleichen die von den Sundainseln, den Molukken und Philippinen an der

andern Seite des stillen Meeres, würden, durch Gänge von Metallen und Erzen mit einander zusammenhängend, in Verbindung mit der Thätigkeit an den zwischen ihnen liegenden kälteren Berührungspunkten jener Erze und Metalle, für sich schon der Erde eine magnetische Polarität geben, welche eine entschiedene Wirkung auf die Declinations und Inclinationsnadeln, wenn auch eine in manchen Stücken von der, welche wir jetzt auf der Erde finden, abweichende hervorbringen würde.

Die durch diese in der Temperatur verschiedenen Berührungspunkte der in der Aequatorialzone gelegenen Erz- und Metallgänge gesetzte Polarität der Erde würde noch beträchtlich verstärkt werden, wenn die übrigen zu beiden Seiten des stillen Meeres liegenden, zum Theil meridianartig auf dem magnetischen Aequator stehenden und die geographischen Meridiane unter kleinen Winkeln durchschneidenden Reihen-Vulkane, nämlich die von Patagonien, Chili, Peru, Neu-Norfolk, vielleicht auch die von jenen in der Richtung verschiedenen der Halbinsel Alaschka und der Aleutischen Inseln, — desgleichen die in der Westaustralischen Reihe, den Marianeninseln, den Japanischen und Kurilischen Inseln und in Kamtschatka, gleichartig mit den beiden angeführten Herden unterirdischen Feuers in der Nähe der Aequatorialzone wirkten, indem die Ordnung der Metalle und Erze in jenen Parallelkreisen mit der in dieser Zone übereinstimmte. — Mögen diese Metall- und Erzgänge auch vielfach unter einander anastomosiren, ja mögen einzelne Theile jener oben als zusammenhängend angenommenen Erz- und Metallgürtel auch immerhin stellenweise unterbrochen seyn, und durch die unter oder über ihnen liegenden Gürtel ergänzt und in Zusammenhang mit entfernter liegenden Theilen derselben Zone gebracht werden, kurz mögen diese Erz- und Metalladern vollkommen netzartig die Erdrinde durchziehen, so wird die magnetische Polarität des ganzen Erdkörpers durch die vermehrte Zahl der meridianartig vertheilten und in gleichem Sinne wirkenden, in der Temperatur verschiedenen Berührungspunkte immer beträchtlich verstärkt werden.

Manche jener durch Vulkane bezeichneten heifsen Berührungspunkte der Erze und Metalle mögen immerhin im entgegengesetzten Sinne wir-

ken, dem Erdkörper bleibt stets eine magnetische Polarität, wofern nur die Mehrzahl der Berührungspunkte in gleichem Sinne wirkt.

Noch eine dritte Reihe von meridianartig auf unserer Erde vertheilten Vulkanen könnte sich den beiden erstgenannten, das stille Meer einfassenden Vulkanzügen gleichwirkend verhalten, nämlich die Vulkane von Island, den Azorischen, Canarischen, Cap Verdischen Inseln, der Insel Ascension, (*bis zur Insel Marquis de Traverse und dem Sandwichlande herab). — Ein unmittelbarer Zusammenhang dieser Vulkane mit einander von Norden nach Süden ist zu dieser Wirkung nicht erforderlich; jeder derselben kann für sich auf einen besondern Theil der Erz- und Metallgürtel wirken, so wie denn auch die Reihen-Vulkane in den erstgenannten beiden, das stille Meer einfassenden Zügen diesen Central-Vulkanen darin vollkommen gleichen möchten, dafs die Herde derselben auch auf einen von den übrigen getrennten Raum beschränkt sind, welcher bei den ersteren vielleicht nur gröfser als bei den letzteren ist; wie es denn z. B. von dem Herde der Reihen-Vulkane in Mexico, welcher den Continent in einer Länge von 105 geographischen Meilen von *OgS* nach *WgN* durchschneidet, desgleichen vielleicht von den Aleutischen Inseln u. s. w. gilt, welche die Central-Vulkane wenigstens in einer Dimension übertreffen, ohne dadurch in ihrem Werthe als einfache Erregungspunkte des Magnetismus der Erde sich von den Centralvulkanen zu unterscheiden. — Erstreckte sich der Herd von einem oder dem andern jener Reihen-Vulkane auf mehrere hundert Meilen von Norden gegen Süden, so könnte wohl mehr als ein Erz- und Metallgang mit demselben verbunden seyn; es zählen aber dann alle diese Gänge zusammen, in Beziehung auf die magnetische Polarisation des ganzen Erdkörpers, nur als ein einfaches Glied.

Wären nun jene drei den magnetischen Aequator meridianartig durchschneidenden Vulkanzüge gleichwirkend, so würde also die Mehrzahl der die magnetischen Erdpole setzenden Erz- und Metallgürtel sechsgliedrig seyn, und es würden zwischen jenen drei heifsen Berührungspunkten drei kalte liegen müssen. Jene Gürtel können aber wohl theilweise durch die übrigen Vulkane, wie z. B. durch die der

Sandwichinseln, desgleichen der Marquesas- Gesellschafts- und Freundschaftsinseln, so wie auch durch die Vulkane im Mittelmeere, an Arabiens Küste und auf der Insel Bourbon in noch mehrere Glieder getheilt seyn, und auch wohl in solche, die auf die magnetische Totalkraft der Erde schwächend einwirken, wie dies z. B. durch die Vulkanherde der Gesellschafts- und Freundschaftsinseln und einiger andern Inselgruppen bis zu den neuen Hebriden hin, desgleichen auch durch die der Gallopagosinseln oder der Antillen, so wie durch die Vulkane im mittelländischen Meere u. s. w. geschehen könnte.

Die Lage der verschiedenen Glieder in den Erz- und Metallgürteln betreffend ist zu bemerken, dafs in allen die magnetischen Erdpole ($+M$ in Norden und $-M$ in Süden) setzenden Gürteln dasjenige Erz oder Metall, welches bei dem hohen Temperaturgrade, dem es am heifsen Punkte im Innern der Erde ausgesetzt ist, in unserer magnetischen Reihe die höhere Stelle einnimmt, am heifsen Berührungspunkte in Osten, das in jener Reihe tiefer stehende in Westen liegt.

Die grofsen periodischen Veränderungen in der magnetischen Polarität der Metalle sind also eine Folge von Aenderungen der Verhältnisse der jene Polarität erregenden, in der Temperatur verschiedenen Punkte im Innern der Erde, und der daraus hervorgehenden Aenderungen in der magnetischen Polarisation der netzartig mit einander verbundenen Erz- und Metallgürtel. Die regelmäfsige Fortschreitung der als magnetische Achse des ganzen Erdkörpers zu betrachtenden Linie während eines gröfseren Zeitraums kann nur bei einer gleichzeitig und in einer bestimmten Richtung statt findenden Aenderung in dem Verhalten der Mehrzahl jener Punkte gegen einander, und wohl vorzüglich bei der Aenderung der nach gleicher Richtung sich fortpflanzenden Entzündungen oder sich weiter ausdehnenden Feuerherde eintreten. Der scheinbar so unregelmäfsige Uebergang des Systems von Linien gleicher Declination innerhalb eines Zeitraums von hundert bis hundertundfunfzig Jahren wird nun minder paradox erscheinen, wenn man erwägt, dafs in jenen gröfstentheils isolirt liegenden Feuerherden die Thätigkeit nicht immer gleich stark seyn mag, und dafs manche derselben nur mit verhältnifsmäfsig schwachen Erz- und Metallgängen in Verbindung stehen mögen, oder

mit Gängen, welche der Erdoberfläche nahe liegen, wodurch denn wohl locale, und nur auf kleinere Räume beschränkte Änderungen in den Declinationscurven eintreten können.

Auch die merkwürdige Erscheinung, dafs einzelne Linien der gleichen Deklination unverändert blieben, während die übrigen sich in der Form beträchtlich veränderten, und dafs an den Orten, welche unter jenen Linien liegen, selbst in dem beträchtlichen Zeitraum von hundert und funfzig Jahren die Deklination unverändert dieselbe blieb, wie namentlich in Jamaika, St. Catharina, an der Ostseite der Insel Madagascar und in Cairo von 1675 bis 1789, besteht vollkommen mit den aus dem Zusammenhange des Erdmagnetismus mit dem Erdvulkanismus in der hier angegebenen Form sich ergebenden Gesetzen, wie umständlicher an einem andern Orte nachgewiesen werden soll.

Die Lage des magnetischen Aequators gegen den geographischen Aequator der Erde zeigt an, dafs die Mitte der den Erdkörper durchziehenden gröfseren Erz- und Metallgürtel in der Nähe des letzteren liegt, und dafs der gröfste dieser die magnetischen Erdpole setzenden Gürtel sich zum Theil nördlich, zum Theil südlich durch den Erdäquator hinzieht; und der Parallelismus der übrigen Curven, in welchen die Inclination der Magnetnadel gleich grofs ist mit jenem magnetischen Aequator, spricht für die parallele Lage auch der übrigen, zur Erzeugung der magnetischen Erdpole mitwirkenden Erz- und Metallgürtel.

Die aus Herrn v. Humboldt's Untersuchungen sich ergebende Zunahme der Kraft des Erdmagnetismus vom magnetischen Aequator gegen die Pole zu, stimmt gleichfalls mit den sämmtlichen in dieser Abhandlung, so wie in der Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Kette, in dem vorigen Bande der Denkschriften der Königl. Akademie, angeführten Thatsachen und den aus diesen abgeleiteten Gesetzen über die magnetische Polarisation der aus ein, zwei oder mehr Gliedern zusammengesetzten metallischen Kreise, Cylinder u. s. w. vollkommen überein.

Zu den für ein festes Verhältnifs zwischen dem Erdmagnetismus und Erdvulkanismus sprechenden Thatsachen gehört auch die bei Erdbeben wahrgenommene Veränderung im Stande der Magnetnadel, vornehmlich die von Herrn v. Humboldt entdeckte bleibende Verminde-

rung der Inclination der Magnetnadel bei dem Erdbeben von Cumana im Jahre 1799. Ob man berechtigt sei auch die Veränderungen, welche bei Nordlichtern, Stürmen, Gewittern und plötzlichen Witterungsveränderungen bisweilen im Stande der Magnetnadel eintreten, auch hierzu zu zählen, steht dahin; doch ist es wohl als sehr wahrscheinlich anzusehen, dafs diese in unserer Atmosphäre sich ereigenden Erscheinungen nicht blos auf den äufsern Luftkreis der Erde allein beschränkt sind, sondern auch wohl mit den im Innern derselben vorgehenden chemischen Prozessen und deren verschiedenen periodischen Schwankungen in Verbindung stehen. Da nun Veränderungen der Magnetnadel häufig diesen meteorischen Erscheinungen vorhergehen, und Canton's Erfahrungen zu Folge die niedrigsten Nordlichter gerade den schwächsten Einflufs auf die Abweichung zeigen, so wird man die Veränderungen der Declination nicht diesen Meteoren selbst zuschreiben können, sondern man wird diese als gleichzeitig mit den magnetischen Veränderungen eintretende, und also auch von derselben Ursache, welche die letzteren bewirkt, abhängige Erscheinungen ansehen müssen; was auch noch dadurch bestätigt wird, dafs nicht selten Veränderungen der Magnetnadel gleichzeitig mit jenen Meteoren statt finden, an Orten wo diese selbst nicht wahrzunehmen sind.

Ohne in das Einzelne der übrigen tellurisch-magnetischen Erscheinungen eingehen zu wollen, bemerke ich nur noch, dafs selbst diejenigen, bei welchen eine Einwirkung von aufsen unverkennbar ist, wie z. B. die jährlichen und täglichen Variationen der Declinationsnadeln, eine sie mannigfaltig ändernde eigenthümliche Wirkung des Erdkörpers anzuerkennen nöthigen.

Und so sprechen denn alle hier angeführte Thatsachen für die Erzeugung des Erdmagnetismus durch eigene, innere Thätigkeit des Erdkörpers, wo dann die vulkanische Thätigkeit, die mächtigste von allen, nothwendig auch den gröfsten Einflufs ausüben mufs.

Die in der vorstehenden Abhandlung §. 22. versprochenen Zusätze werden in einem der folgenden Bände der Abhandlungen der Königlichen Akademie erscheinen.

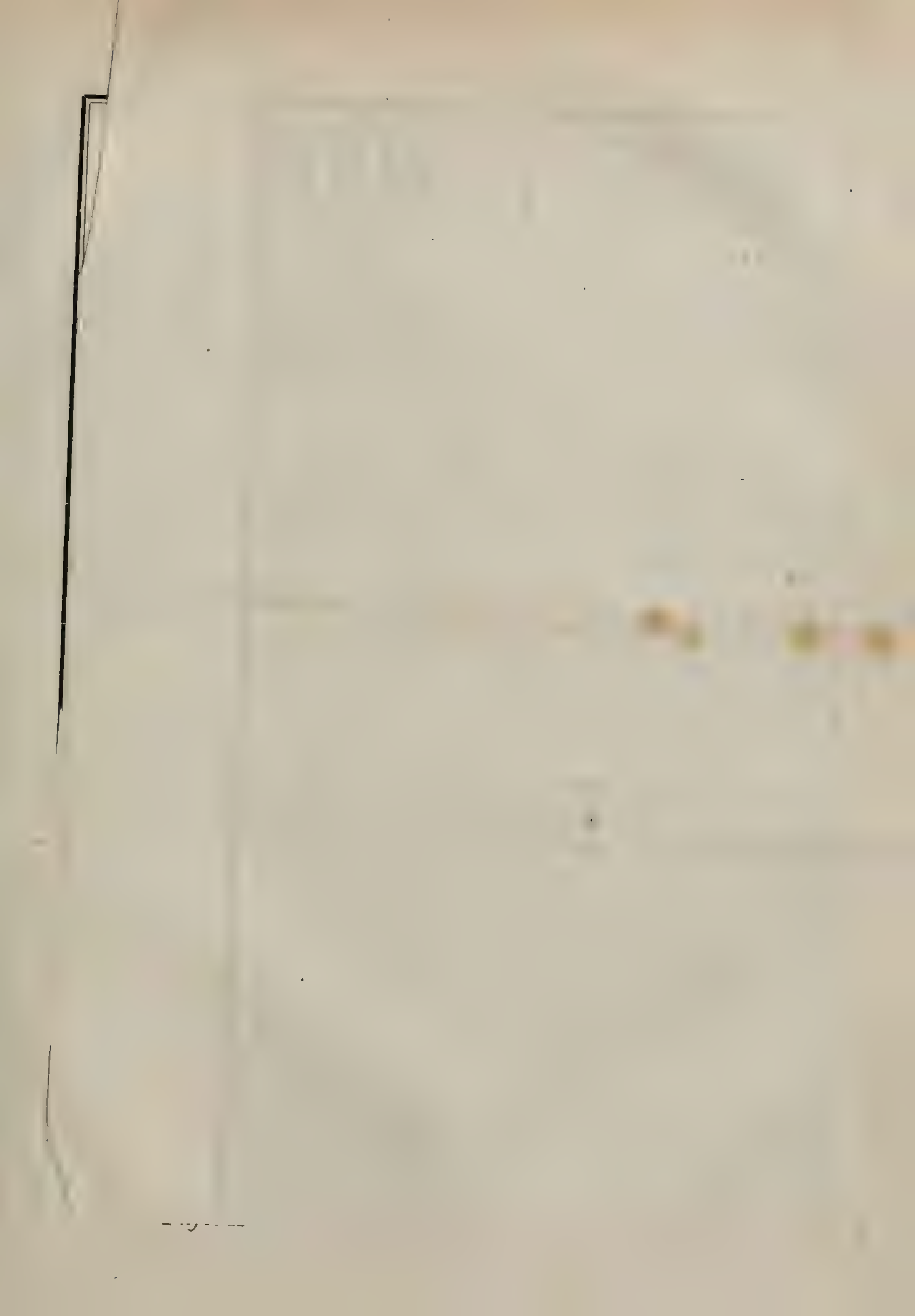


Tabelle I.

In Norden. / In Süden.	Wismuth	Nickel	Kobalt	Palladium	Platina No. 1	Uran	Gold No. 1	Kupfer No. 1	Messing	Platina No. 2	Quecksilber	Blei	Zinn	Chrom	Platina No. 3	Kupfer No. 2	Rhodium	Gold No. 2	Silber	Zink	Kupfer No. 3	Platina No. 4	Cadmium	Stahl	Stabeisen	Arsenik	Antimon	Tellur
Wismuth		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Nickel	W		O	O	O	O	O	O	O	O		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kobalt	W	W			O		O	O	O			O	O		O	O		O	O	O				O	O		O	
Palladium	W	W			O		O	O	O			O	O		O	O		O	O	O				O	O		O	
Platina No. 1	W	W	W	W		O	O	O	O	O		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Uran	W	W			W		O	O	O			O	O		O	O	O	O	O	O				O	O		O	
Gold No. 1	W	W	W	W	W	W		O	O	O		O	O		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kupfer No. 1	W	W	W	W	W	W	W		O	O		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Messing	W	W	W	W	W	W	W	W		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Platina No. 2	W	W			W		W	W	W			O	O		O	O		O	O	O				O	O		O	
Quecksilber	W								W			O	O			O			O	O							O	
Blei	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Zinn	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W			O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Chrom	W	W			W			W	W			W				O		O	O	O				O	O		O	
Platina No. 3	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W			O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kupfer No. 2	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Rhodium	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		O	O	O				O	O		O	
Gold No. 2	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W	W	W	W		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Silber	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		O	O	O	O	O	O	O	O	O
Zink	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		O	O	O	O	O	O	O	O
Kupfer No. 3	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				O	O		O	
Platina No. 4	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				O	O		O	
Cadmium	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				O	O		O	
Stahl	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		O	O	O	O
Stabeisen	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		O	O	O
Arsenik	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				W	W		O	
Antimon	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		O
Tellur	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				W	W		W	

In Süden. / In Norden.	Wismuth	Nickel-Legirung	Palladium	
Wismuth				[illegible]
Nickel-Legirung				[illegible]
Palladium				[illegible]
Platina No. 1	W	W	W	
Platina No. 3				[illegible]
Platina No. 4				
Blei				[illegible]
Zinn				[illegible]
Stahl				
Stabeisen		W		
Messing No. 1				
Kupfer No. 0				
Kupfer No. 1				
Gold No. 1				
Kupfer No. 2				
Gold No. 2				
Zink				
Silber				
Antimon	W			[illegible]

Tabelle II.

In Süden. / In Norden.	Wismuth	Nickel-Legirung	Palladium	Platina No. 1	Platina No. 3	Platina No. 4	Blei	Zinn	Stahl	Stabeisen	Messing No. 1	Kupfer No. 0	Kupfer No. 1	Gold No. 1	Kupfer No. 2	Gold No. 2	Zink	Silber	Antimon
Wismuth				O															O
Nickel-Legirung				O						O									
Palladium				O															
Platina No. 1	W	W	W		O		O	O											O
Platina No. 3				W			O			O	O	O	O	O	O				
Platina No. 4										O		O		O	O				
Blei				W	W			O	O	O	O	O	O	O	O		O		
Zinn				W			W		O			O	O		O		O		
Stahl							W	W			O	O			O	O		O	
Stabeisen		W			W	W	W				O	O	O	O			O	O	
Messing No. 1					W		W		W	W		O	O	O			O	O	
Kupfer No. 0					W	W	W	W	W	W	W		O	O					
Kupfer No. 1					W		W	W		W	W	W		O					
Gold No. 1					W	W	W			W	W	W	W		O	O			
Kupfer No. 2					W	W	W	W	W					W			O		O
Gold No. 2									W					W			O	O	
Zink							W	W		W	W				W	W		O	
Silber									W	W	W					W	W		
Antimon	W			W											W				

Zu Hrn. Seebeck's Abhandlung: *Magnetische Polarisation der Metalle und Erze u. s. w.*

Darstellung der Resultate

welche sich

aus den, am Vesuv, von Alexander von Humboldt und anderen Beobachtern angestellten Höhen-Messungen herleiten lassen.

Von

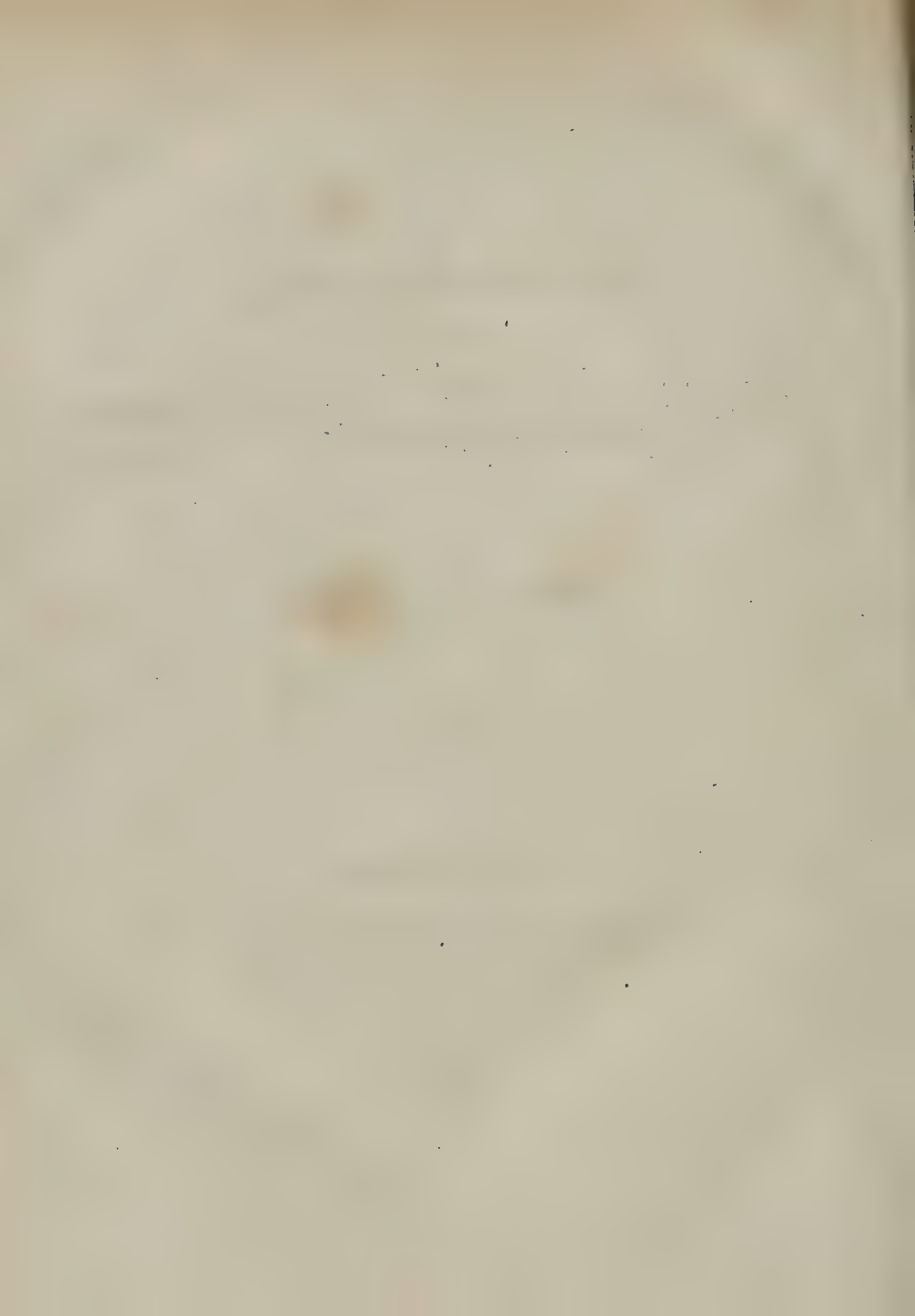
JABBO OLTMANNS.

Ergänzung der Abhandlung

von

Alexander von Humboldt, *über den Bau und die Wirkungsart der Vulcane.*

(Vergl. Abhandlung der Phys. Klasse in diesem Bande S. 137 u. 151.)



Darstellung der Resultate

welche sich aus den am Vesuv von Alexander von Humboldt und andern Beobachtern angestellten Höhen-Messungen herleiten lassen.

Die Frage über die Veränderungen, welche die Form der Vulcane erleidet, ist von solcher geognostischer Wichtigkeit, dafs ich, um einen sicheren Anhaltspunkt zu erlangen, hier Alles zusammenstelle was bisher über den Vesuv beobachtet worden ist.

1. Geographische Lage des Vesuvs.

a) Beobachtungen.

Nach Humboldt's eigenen Beobachtungen im November und December 1822, ist der Palo 1228, 5 Metres = 630, 4 Toises über dem Meeresspiegel. Brioschi's Repetitions-Kreis auf der Sternwarte zu Neapel, ist 166 M. über der See, folglich 1062, 5 M. unter dem Palo. Die irrdische Strahlenbrechung = 0,08 des Bogens gesetzt, finde ich: die Entfernung des Palo von Neapel 16304 M. = 8365 T., den Längen-Unterschied der Sternwarte 11′ 5″, den Breiten-Unterschied 2′ 42″ südlich. Die Lage der Sternwarte 11° 55′ 30″ östliche Länge und 40° 50′ 15″ nördliche Breite angenommen, ist

die östliche Länge des Vesuvs ..... 12° 6′ 35″
nördliche Breite .... 40° 47′ 33″.

Ein Metre Unterschied in der Höhe ändert die Entfernung des Vulcans von Neapel um 15,3 M. oder um acht französische Klafter, denn der scheinbare Erhöhungswinkel ist 3° 40′ 1″.

Lord Minto, ein sehr verdienstvoller englischer Physiker und sehr geübter Beobachter, findet, meiner Rechnung nach, den Palo 1208,2 M. über dem Meere oder 1042,2 M. über Brioschi's Kreis, die Entfernung des Vulcans von der Sternwarte 15996 M. = 9207,1 Toises

nördliche Breite . . . . . 40° 47′ 36″
östliche Länge . . . . . . 12° 6′ 22″.

Der berühmte italienische Astronom Brioschi findet, aus seinen eigenen Beobachtungen, den Höhen-Unterschied 1249,2 — 166,0 = 1083,2 M; die Entfernung 16617 M. = 9525,5 Toises

nördliche Breite . . . . . 40° 47′ 30″
östliche Länge . . . . . . 12° 6′ 45″;

Solchemnach: Humboldt . . . . 8365 Toises
Minto . . . . 8207 -
Brioschi . . . . 8525½ -
im Mittel . . . . 8366 Toises

welches mit Humboldt's Beobachtungen ganz zusammenfällt.

β) Kritik des Beobachteten.

Der rühmlichst bekannte französische Fregatten-Kapitain Gauttier (*Conn. des temps* 1824) setzt die Breite des Vesuvs 40° 48′ 40″, die Länge 12° 7′ 0″. Da aber der Palo den nördlichen Rand des Kraters bildet, dieser selbst in S. 55° W. Richtung, 800 Klafter breit seyn soll; so dürfte der Vulcan etwa eine halbe Bogenminute südlicher und auf 40° 47′ 0″ anzusetzen seyn.

Brioschi hat das Azimuth des Vesuvs auf 72° 8′ südöstlich bestimmt. Ein in der Entfernung verborgener Fehler kann daher eben keinen merklichen Einfluſs auf den Breiten-Unterschied äuſsern. Wenn nun die von Gauttier beobachtete Breite die richtigere wäre (und Seefahrer releviren immer die höchsten und kenntlichsten Punkte); so würde in Verbindung mit Brioschi's Azimuth von 72° 8′ Südöstlich, der Vesuv nur 4895 T. von der Sternwarte liegen, da doch der nördliche,

also der Hauptstadt wohl näher liegende Rand, bereits 8366 T. davon entfernt seyn soll.

γ) Schlufs.

Nördliche Breite des Vulcans . . . . . 40° 47′ 33″
östliche Länge . . . . 12° 6′ 35″.

2. Ueber die Höhe der Einsiedeley del Salvatore.

α) Beobachtungen.

Die Höhen-Messung des 22. Novembers mufs an die Einsiedeley geknüpft werden, weil, zu Portici, der Barometer nicht unmittelbar am Meere beobachtet wurde. Nach Humboldt's Beobachtungen am 1. December 1822 giebt

die erste Messung . . . . . 312,6 Toises
die zweite — . . . . . 313,4 -
im Mittel . . . . 313,0 Toises

oder 314,33 T. für die Höhe der Einsiedeley über der Meeresfläche.

Humboldt's Beobachtungen vom 25. November 1822 geben: nach der ersten Messung 301,4 T., nach der zweiten 303,3 T., im Mittel 302,35 T. und 303,0 T. für die Höhe der Einsiedeley über der See; denn am 1. December war der Barometer beim Abfahrtspunkte 1,33 T., am 25. November aber 0,67 T. über dem Meeresspiegel. Das Mittel aus beiden Messungen giebt 308,7 Toises.

Lord Minto, Humboldt's nächster Vorgänger in der Messung des Vulcans, findet am 17. März 1822, aus der ersten Beobachtung, die Höhe der Einsiedeley 305,0 T., aus der zweiten 303,3 T., im Mittel, nach Minto's Beobachtung und meiner Rechnung, 304,2 Toises.

Minto's Beobachtungs-Zimmer in Neapel war 21 Fufs (englisch) über der See . . . . = 2,95 Toises
folglich: Höhe der Einsiedeley . . . . 307,15 - über dem Meere.

Derselbe Physiker beobachtete am 13. April 1822:
die Höhe der Einsiedeley über Neapel . . . 305,0 T. nach der ersten Messung
306,6 T. - - zweiten —
im Mittel . . . . 305,8 Toises.

Neapel über der See	2,95 T.
folglich: Höhe der Einsiedeley über dem Meere . .	308, 75 T.
und im Mittel aus allen vier Messungen	307, 95 T.
Also: nach Lord Minto	307, 95 T.
nach Humboldt	308, 70 T.
Höhe des Hofraums (Piccolo largo) der Einsiedeley del Salvatore	308, 3 Toises.

β) Kritik des Beobachteten.

Gay-Lussac, Buch und Humboldt fanden, im Jahre 1805, die Einsiedeley 299, 0 T. nach der ersten, und
301, 8 T. nach der zweiten Messung,
im Mittel also 300, 4 Toises über dem Meere.

Brioschi beobachtete am 21. Februar 1810 die Höhe eines Oberzimmers (*in una delle stanze superiori*) der Einsiedeley 320, 1 T. = 623, 9 M. (nach meiner Berechnung) über der See. Da nun Monticelli (siehe unten), den zwischen Humboldt und ihm gefundenen Höhen-Unterschied (oder vielmehr: die Abweichung in den Höhen-Angaben zweier verschiedenen Stationspunkte) von 10 T. auf die Höhe des Thürmchens (*del piccolo campanile*) schiebt; so möchte Brioschi's Standpunkt in der Oberstube wohl noch einige, etwa 6 Klafter, über dem Humboldt-Mintoschen anzunehmen und auf 614 T. zu setzen seyn. Denn mehr als 10 Toisen dürfen für die Höhe der Einsiedeley-Kapelle vom Fundamente bis zur Thurmspitze wohl nicht gerechnet werden.

Der verdienstvolle Monticelli bemerkt, bei Gelegenheit der Gay-Lussacschen Beobachtungen vom 29. Julius 1805,

„*si e supposta l'altezza della casa del Eremo de tre tese al di sopra* „*del piccolo largo del Salvatore.*"

Dadurch liefse sich vermuthen, als steige man vom Hofraum treppenweise 3 Klafter hoch zur Einsiedeley hinauf bis zur Schwelle; und, wenn dies sich so verhält; so möchte auch Brioschi's Barometer in dem Oberzimmer, vorzüglich bei der luftigen italienischen Bauart, wohl höher noch als 6 T. über dem Hofraum gehangen haben, wodurch die Höhe des letzteren noch unter 614 T. anzusetzen wäre (nur Lokal-Kenntnifs kann hierüber entscheiden).

Der berühmte italienische Gelehrte Visconti findet, durch Triangelmessungen, die Thurmspitze 312 T. = 328, 4 Passi = 608, 15 M. über dem Meere.

Hieraus folgt, mit Brioschi's Beobachtung verglichen (1), dafs die Oberstube in der Einsiedeley etwa 63 Fufs = 20, 5 M. unter der Thurmspitze liegt; ein Höhen-Unterschied, welcher mir für die kleine Kapelle doch etwas zu grofs zu seyn scheint, um so mehr noch, weil Monticelli für die ganze Höhe der Einsiedeley vom Fundament bis zur Spitze sich schon mit 10 Klafter begnügen will. „*La differenze di* 10 *tese apartiene presso a poco al altezza del campanile,*" wobei er offenbar die Spitze (Punta) mit dem Hofraum in Vergleichung bringt.

γ) Schlufs.

Nach Lord Minto's Beobachtungen vom 18. April 1822 liegt Portici 2,03 T. = 13 englische Fufs unter Neapel. Er selbst dagegen setzt Portici nur 18 englische Fufs oder 2, 8 T. niedriger als sein Beobachtungszimmer in der Hauptstadt. Wenn also Neapel 21 englische Fufs über dem Meere ist; so würde Portici, den Barometer-Beobachtungen zufolge, 8 englische Fufs oder 0, 8 T. höher liegen, als die directen geometrischen Messungen dafür angegeben haben. Diesen Unterschied kann man einigermafsen für die Grenze der Zuverläfsigkeit von Minto's Messungen ansehen, in so fern Unsicherheit der augenblicklichen correspondirenden Thermometer- und Barometer-Stände nicht ungünstiger noch als atmosphärische Verbesserungen dabei einwirken.

Humboldt, seiner Seits, bemerkt, dafs die Beobachtung vom 25. November 1822 ihm nicht so gut zu seyn scheint als die vom 1. Dezember. Will man also die relativen Werthe beider wie 1 : 2 annehmen; so wäre die wahrscheinliche Höhe aus Humboldt's Beobachtungen . . . . 310, 5 Toises, und
nach Minto . . . . . 307, 15 - mit Portici verglichen,
im Mittel . . . . 308, 8 Toises.

---

(1) Nämlich, der höchste Punkt des Vesuvs ist nach Brioschi 1249, 4 M. = 640, 9 T.
Oberzimmer der Einsiedeley... 623, 9 M. = 320, 1 T.
Unterschied................. 625, 5 M.
Nach Viscontis Dreiecken... 605, 0
vom Thürmchen angerechnet.

Weil aber bei Annahme des Werthes 1 : 2 doch immer etwas Willkührliches zum Grunde liegen möchte; Lord Minto's, zu Portici angestellte, Beobachtungen für eine kleine Höhen-Verminderung zu sprechen scheinen; so setze ich, auf alle Thatsachen gestützt, die Höhe der Einsiedeley del Salvatore:

408,0 Toises
= 600,3 Metres.

3. Höhe der Rocca del Palo, am nördlichen und höchsten Rande des Vesuvs.

a) Beobachtungen.

Nach Humboldt's Beobachtungen vom 25. Novbr. ist die Rocca del Palo, 630,4 Toises über der See. Nach Minto's Messung

vom 17. März 1822 . . . . . 620,05 T.
vom 13. April 1823 . . . . . 619,75 T.
619,90 Toises
= 1208,2 Metres.

Humboldt's Beobachtungen, unmittelbar mit der Einsiedeley verglichen, geben den Höhen-Unterschied beider Punkte 327,35 T., und, die Einsiedeley 308,0 T. über dem Meere angenommen, die Höhe der Rocca del Palo 635,35 Toises.

β) Kritik des Beobachteten.

Die Messungen vom 25. November schliefsen stets eine Ungewifsheit ein, welche aus dem schwankenden Barometerstande vor und nach der Reise zum Krater entspringen mufs, weil nämlich alle Mittel fehlen, die successive Aenderung dieser 1,7 Linien grofsen Senkung, für Zeit und Stunde, mit erforderlicher Sicherheit zu bestimmen.

Lord Minto setzt den Höhen-Unterschied zwischen der Rocca del Palo und der Einsiedeley 2000 engl. Fufs, oder 312,8 T. = 609,9 M.
die Einsiedeley ist, nach meinen Untersuchungen 308,0 T.
die Rocca del Palo . . . . 620,8 T. überm Meere.

Visconti fand im Jahre 1816 vermittelst Dreiecke . . . . . . 622,0 T.
Monticelli, am 27. Decbr. 1822, durch den Barometer . . 624,0 -
Poulett Scrope (1) am 27. Decbr. 1821 durch den Barometer 603,8 - nach meiner Rechnung.

Letztere Bestimmung ist wohl zu niedrig, wegen fehlender Correction des Nullpunkts. Nehmen wir daher, bei solchen Umständen, ein Mittel aus Humboldt's und Minto's Beobachtungen; so ergiebt sich die Höhe der Rocca del Palo 625,15 T. und ihr Unterschied mit der Einsiedeley 317,15 T. Und dieser Unterschied dürfte nicht stark von der Wahrheit sich entfernen. Denn ziehen wir von Visconti's, mit Recht gepriesener trigonometrischen Messung, d. i. von 622,0 T., die Höhe der Einsiedeley zu 308,0 T. ab; so bleiben noch 314,0 T. für den Höhen-Unterschied beider Punkte übrig. Lord Minto's Beobachtungs-Resultat: 312,8 T., nähert sich meiner Annahme freilich mehr als das Humboldt'sche; Lord Minto aber befand sich in einer doppelt günstigeren Lage als Humboldt. Einmal, weil er die Beobachtungen mit Mufse wiederholen konnte, und zweitens: weil die Veränderung des Barometerstandes an beiden Tagen sehr unbedeutend war, athmosphärische Verbesserungen und Einwirkungen also die Höhen-Resultate

---

(1) Beobachtungen des Poulett Scrope, am 28. December 1822.

Zeit und Ort der Beobachtungen.	100 Theil: Thermometer.		Barometer-Stand (*).	Resultate der Rechnung nach		Bemerkung.
	am Barometer.	an der Luft.	(in Metres.)	Monticelli. (in Toisen.)	Oltmanns. (in Toisen.)	
1822 den 28. December 7 Uhr Morgens am Meeresstrande	7,0	5,0	0,76946			(*) Die Barometer-Stände sind bereits auf die Temperatur der Luft zurückgeführt worden.
Um 9 Uhr Morgens, höchster Rand des Kraters (il Palo)	7,4	4,8	0,66599	603,5	603,8	
Um 9½ Uhr Morgens, niedrigster Rand des Kraters (Bosco gegenüber)	5,5	4,3	0,67789	528,9	529,2	

Anmerkung.

Diese Beobachtungen des Herrn Poulett Scrope sind aus Monticelli's Werke *Storia del Vesuvio* 1823, p. 111 entlehnt worden. Sollten die Höhen nicht darum zu niedrig ausfallen, weil Monticelli auf die Correction des Nullpunkts im Gefäfs-Barometer keine Rücksicht genommen hat? Aus diesem Grunde habe ich Anstand genommen, diese übrigens sehr schätzbare Beobachtungen in die nächst folgende Tafeln mit aufzunehmen. J. Oltmanns.

ungleich weniger affiziren konnten, als am 25. November 1822, wo das Quecksilber, in $10\frac{1}{2}$ Stunden, um 1,7 Linien fiel.

γ) Schlufs.

Höhe der Rocca del Palo 625,0 Toises über dem Meeresspiegel.

4. Zustand des Vesuvs im November 1822.

Unterschied des höchsten und niedrigsten Krater-Randes.

α) Beobachtungen.

Nach Humboldt's Messung am 25. November 1822 ist der Rand des Kraters, welcher der Somma gegenüber steht, Rocca del Palo 625,0 T. über dem Meere; der niedrigste Punkt des Krater-Randes, Bosco tre case gegenüber 546,2; Unterschied beider Punkte 78,8 T.

Dieser Rand, direct mit Palo verglichen, giebt nach Humboldt's Beobachtungen vom 25. November $12\frac{1}{2}$ Uhr und 1 Uhr .... 85,0 T.

β) Kritik des Beobachteten.

Gay-Lussac's Beobachtungen zu Folge, war

der höchste Rand.... 602,5 T.
der niedrigste 533,9
Unterschied .... 68,6 Toises

nach meiner, und 76,0 T. nach Monticelli's Rechnung.

Am 4. August 1805 fanden Gay-Lussac und Humboldt den niedrigsten Rand freilich nur 510,6 T.; ihre Standpunkte scheinen aber nicht dieselben (identisch) gewesen zu seyn. Denn Monticelli bemerkt ausdrücklich, dafs „*sul margine interno del cratere lo stromento era stato situato piu basso di qualche tesi di quelle del 29 Luglio.*" Deswegen scheint es mir zweckdienlicher zu seyn, blos die Gay-Lussac'schen Beobachtungen eines und desselben Tages mit einander zu vergleichen.

Poulett Scrope, ein sehr kenntnifsvoller englischer Geognost, findet nach Monticelli's Rechnung, den höchsten Rand des Kraters 603,5 T., den niedrigsten 528,9 T., Unterschied beider 74,6 T. Ich finde

aus eben diesen Beobachtungen 603,8 T., 529,2 T. und 74,6 T. Palo direct mit dem Krater-Rande, Bosco tre case gegenüber, verglichen giebt den Höhen-Unterschied der Ränder 74,0 Toises.

Humboldt's Messung vom 25. November 1822 giebt also den Höhen-Unterschied 78,8 T. bis 85,0 T. im Mittel 81,9; Poulett Scrope's Beobachtung macht ihn 74,3 Toises.

γ) Schlufs.

Falls die Ränder seit 1805 keine besondere Aenderung erlitten haben; würde Poulett Scrope's Beobachtung das Mittel zwischen beiden Resultaten halten; so dafs der mehr erwähnte Unterschied der Ränder auf 75,0 anzusetzen wäre.

Uebrigens scheinen Gay-Lussac's und Scrope's Beobachtungen auch jene, von mir angenommene Verminderung der Höhe des Palo, so wie sie nämlich aus Humboldt's Messungen ursprünglich folgt, zu rechtfertigen.

5. Höhe des eingestürtzten Kegels.

α) Beobachtungen.

Brioschi findet nach Höhenwinkeln, welche er auf der Sternwarte, vermittelst eines Repetitions-Kreises, gemessen hat, dafs der höchste Punkt des Vesuvs um 19′ 58″ gesunken, und da nun dessen Entfernung von der Sternwarte ohngefehr 16000 M. ist; so ist die Höhen-Aenderung 93 M. = 47,7 Toises.

Humboldt beobachtete am 25. November den Punkt mit welchem Brioschi den Gipfel des Kegels verglichen hatte und der dem Krater-Rande (Torre del Annunziata gegenüber) nahe liegt. Er war ohngefehr 588,0 T. über dem Meere. Rechnet man hierzu die Abnahme seit dem 25. Oktober 1822 oder 47,7 T.; so ergiebt sich für die Höhe des eingestürtzten Kegel 635,7 T. Und dieses stimmt besonders gut mit der Versicherung lokalkundiger Personen überein, dafs nämlich der eingestürtzte Kegel höher noch als der Palo gewesen sey. Bei der Messung vom 25. November wird zugleich und nach Schätzung bemerkt,

dafs der Höhen-Unterschied an die 100 Fufs ($16\frac{2}{3}$ T.) betragen habe. Wir fanden aber den Palo 625,0 T. über dem Meere, solchem nach die Höhe des eingestürtzten Kegels $641\frac{2}{3}$ Toises.

Nach Lord Minto's eigenen Beobachtungen finde ich den Gipfel des neuen Kegels:

aus der ersten Messung	29,8 T.
aus der zweiten —	32,7 T.
im Mittel	31,25 Toises.

= 187,5 franz. = 199,8 engl. Fufs über dem Palo. Da aber der Barometer 4 Fufs (englisch) unter dem Palo stand; so müssen solche von 199,8 abgezogen und auf 195,8 = 183,7 franz. = 30,6 T. reduzirt werden. Minto selbst berechnet den Höhen-Unterschied auf 45 + 157 = 202 engl. Fufs. Die Rocca del Palo ist aber hoch . . . 625,0 T.
+ 30,6 T. Gipfel des Kegels noch höher; also Gipfel des Kegels 655,6 T. über dem Meere (1). Minto's Beobachtungen, für sich genommen, geben diese Höhe

3963 + 195,8 = 4158,8 engl. = 3902,2 franz. Fufs = 650,37 T.

Monticelli (?) beobachtete am 27. Mai 1822 die *Prominenza S. E. di Cratere* 24,0 T. über dem Palo und jenen Gipfel 648,0 T. über dem Meere.

β) Kritik des Beobachteten.

Brioschi folgert den Höhen-Unterschied aus zwei Beobachtungen, welche ein Jahr und vier Monate auseinander liegen, und wovon die eine im hohen Sommer, die andere im Herbste, also höchst wahrscheinlich bei sehr verschiedener Temperatur angestellt wurden. Die irdische Strahlenbrechung mischt hierbei, auf einer Distanz von 8000 T. einen sehr grofsen Einflufs mit ins Spiel, und jede Minute Aenderung am scheinbaren Erhöhungswinkel bringt eine von ± 2,5 T. oder 15 franz. Fufs im Höhen-Unterschiede hervor. Dabei mufs Brioschi's Messung

---

(1) Mit der Einsiedeley direct verglichen . . 308,0 T. }
Lord Minto setzt den Höhen-Unterschied . . . . 312,8 T. } Palo = 620,8 T.
+ 30,6 T.
Gipfel . . 651,4 T.

Nach Monticelli 314,0 T. + 308,0 T. + 30,6 T. = 652,6 Toises.

noch mit Humboldt's barometrischer verglichen werden, womit dann wiederum eine kleine Unsicherheit verbunden ist.

Selbst bei Lord Minto's schönen Beobachtungen finden Abweichungen von 2,9 T. statt, wenn wir nämlich beide Höhen-Messungen des Gipfels über dem Palo mit einander vergleichen wollen.

γ) Schlufs.

Unter so bewandten Umständen wird es denn erlaubt seyn, das Mittel aus folgenden Beobachtungen zu nehmen:

1) Humboldt und Brioschi .... 636,5 T. vor und nach dem Ausbruche.
2) Monticelli .... 648,0 T. vor dem Ausbruche.
3) Minto und Humboldt ...... 655,6 T. vor dem Ausbruche.
Gipfel des eingestürtzten Kegels . 646,7 Toises.

Will man die Schätzung der Höhen-Abnahme auf dem Vesuv, am 25. November, bei der Rocca del Palo, hinsichtlich angedeuteter Unsicherheit der Strahlenbrechung bei Brioschi's Messungen, nicht ganz ausschliefsen; so hätten wir nachstehende vier Resultate:

Humboldt am 25. November .... 641,7 T.
Humboldt und Brioschi ...... 636,5 T. } H. B. und M.
Humboldt und Minto .... 655,6 T. } 646,05 T.
Monticelli .... 648,0 T.
645½ Toises.

Das arithmetische Mittel aus Humboldt's, Brioschi's und Minto's Beobachtungen nähert sich einer, aus der Gesammtheit genommenen Mittelzahl so genau, als wir es von dergleichen Beobachtungen, ihrer Natur und den angedeuteten Umständen nach, nur irgends erwarten dürfen. Und überhaupt genommen, mufs man sich wundern, dafs diese Uebereinstimmung unter den verschiedenen Beobachtungs-Resultaten so grofs ist. Denn, auf dem Abhange des Vulcans ist die Vertheilung der Wärme ganz anders als Laplace's Formel es erheischt. Es ist ungleich warm, oben wärmer als unten, und an einigen Stellen herrschen Luftströme nach allen Richtungen hin.

Barometrische Beobachtungen

welche A. v. HUMBOLDT, vom 25. November bis zum 1. December 1822 anstellte.

Zeit und Ort der Beobachtung.	Beobachteter Barometerstand. α	Verbesserter Barometerstand. β	Thermometer am Barom. (Reaum.) γ	Thermometer an der Luft (Fahrenh.) δ	Rechnungs-Resultate. (in Toisen.)
Den 25. November 1822.					
Neapel, im Garten des *Palazzino*, 4 Fufs über dem Meere. 7 Uhr Morgens	28.z 5',5	....	13°, 0	61°, 0	
Bosco superiori DI PORTICI (Fasanerie). 8¾ Uhr Morgens	28. 3,0	28. 2,99	14,0	60,0	29,5
Hofraum vor der Einsiedelei DEL SALVATORE. 10 Uhr Morgens	26. 6,8	26. 6,18	13,0	58,0	301,4
Abhang des Aschen-Kegels, (wo man anfängt sich der Tragsessel zu bedienen). 10½ Uhr Morgens	26. 0,2	25. 11,40	13,0	58,0	394,3
Westlicher Rand des Kraters, (RESINA gegenüber). 11½ Uhr Morgens	25. 0,7	24. 11,59	13,4	57,0	560,2
Rand des Kraters, (TORRE DEL GRECO gegenüber). Mittags 0 Uhr	24. 11,5	24. 10,36	10,0	58,0	570,4
Rand des Kraters, (TORRE DEL ANUNZIATA gegenüber). 0 Uhr 15' Nachmittags	24. 9,7	24. 8,51	9,0	56,0	598,5
Rand des Kraters, (BOSCO-TRECASE gegenüber). 0 Uhr 30' Nachmittags	25. 1,1	25. 0,0	8,5	54,0	545,5
Rand des Kraters, (OTTAYANO gegenüber). 0 Uhr 40 Nachmittags	24. 10,2	24. 9,02	12,0	54,0	592,0
Nördlicher Rand des Kraters, (der SOMMA gegenüber) auch ROCCA DEL PALO genannt, wegen eines Pfahls der, lange Zeit über, zum Signal für Dreiecks-Messungen diente). 1 Uhr Nachmittags	24. 7,6	24. 6,35	12,0	53,0	629,7
Westlicher Rand, (RESINA gegenüber) 1 Uhr 30 Nachmittags	25. 0,8	....	10,0	58,0	550,1
Am Abhange des Aschenkegels, (wo man der Tragsessel sich zu bedienen anfängt). 1 Uhr 45 Nachmittags	25. 11,6	....	10,0	58,0	393,0
BOCCA DEL FRANCESE, (Oeffnung worin der unglückliche Coutrel stürzte). 2 Uhr Nm.	25. 9,8	25. 8,95	9,0	58,0	415,8

Fortsetzung. (Humb. Beob.)

Zeit und Ort der Beobachtung.	α	β	γ	δ	Rechnungs-Resultate. (in Toisen.)
Am Fuſs des Kegels. 2 Uhr Nachmittags	26.' 0',2	25. 11,42	10°, 0	58°, 5	383,8
Ebene von Atrio del Cavallo. 2 Uhr 20' Nachmittags	25. 10,6	25. 9,78	8,0	54,0	402,3
Hofraum vor der Einsiedelei del Salvatore. 2 Uhr 45' Nachmittags	26. 5,9	26. 5,27	13,0	56,0	303,3
Paglerone del Re. 3 Uhr 15' Nachmittags	26. 11,9	26. 11,45	14,0	57,0	219,8
Kirche der Sta Maria Pugliana. 3 Uhr 15' Nachmittags	28. 1,0	28. 0,92	14,3	56,5	42,8
Am Meere, 4 Fuſs über dem mittleren Wasserstande. 5½ Uhr Nachmittags	28. 3,8	....	15,0	60,0	

Anmerkung.

Humboldt bediente sich, bei diesen Messungen, eines Gefäſs-Barometers mit veränderlichem Niveau. Das Quecksilber häuft sich, beim Aufsteigen des Berges, im Gefaſse an. Verhaltniſs der Röhre und des Gefaſses = 1 : 6.

Zu den berechneten Höhen müssen 4 Fuſs oder 0,7 Toisen hinzugefügt werden, um sie auf den mittleren Wasserstand zurückzuführen.

Monticelli hat Humboldt's Beobachtungen vom 25. November bis zum 1. December 1822 in seinem vortrefflichen Werke: *Storia del Vesuvio p.* 115, bekannt gemacht. Sie haben ihm überall zu kleine Höhen gegeben, weil die Barometer-Stände unverbessert, das heiſst: nicht von dem Fehler des, im Gefäſs-Barometer veränderlichen Nullpunkts befreit sind. Vielleicht hatte Humboldt, bei seinem kurzen Aufenthalte in Neapel, durch andere Pflichten zerstreut, vergessen, auf der Abschrift der Beobachtungen das Verhältniſs der Durchmesser des Gefäſses und der Röhre anzugeben.

Alle diese wie die folgenden Höhen sind nach meinen eigenen hypsometrischen Tafeln (*Recueil d'obs. astronomiques Vol.* I.), welche auf Laplace's Formeln gegründet sind, berechnet worden. J. Oltmanns.

Fortsetzung. (Humb. Beob.)

Zeit und Ort der Beobachtung.	α	β	γ	δ	Rechnungs-Resultate. (in Toisen.)	Bemerkungen.
Den 1. December 1822. Portici, 8 Fuſs über dem mittleren Wasserstande, Mittags 0 Uhr	28." 2',3	....	15°,0	68°, 0		
Kirche der Santa Maria Pugliana. 0 Uhr 45' Nachmittags	27. 11,2	27. 11,11	17,0	67,0	43,8	
Paglerone del Re, in der Ebene delle Genestre. 1 Uhr 30' Nachmittags	26. 10,1	26. 9,65	17,0	62,0	224,1	
Hofraum vor der Einsiedelei del Salvatore. 2 Uhr 30' Nachmittags	26. 3,5	26. 2,87	13,0	58,0	312,6	
Primo Monte di Somma. 3 Uhr 0' Nachmittags	25. 10,8	25. 10,03	13,0	57,0	379,9	
Gipfel der Somma, (höchster Punkt nahe beim Kreuze der Punta del Nasone. 4 Uhr 45' Nachmittags	24. 8,4	24. 7,24	8,0	50,0	584,7	sehr heftiger Wind.
Hofraum vor der Einsiedelei del Salvatore. 8 Uhr Abends	26. 3,8	26. 3,17	11,0	56,0	313,4	scheuſsliches Unwetter.
Paglerone del Re. 10 Uhr 15' Abends	26. 10,7	26. 10,26	8,0	57,0	214,2	
Kirche der Santa Maria Pugliana	27. 11,5	27. 11,42	....	....	40,2	
Am Meere, nahe bei der Schanze Granatello zu Portici [Abſahrtspunkt]. (wie oben)	28. 2,5	....	7,0	60,0		

Anmerkung.

Zu den angegebenen Höhen müssen noch 1,33 Toisen hinzugefügt werden, weil der Barometer, zu Portici, um so viel über dem mittleren Wasserspiegel erhaben war.

J. Oltmanns.

Fortsetzung. (Humb. Beob.)

Zeit und Ort der Beobachtung.	α	β	γ	δ	Rechnungs-Resultate. (in Toisen.)	Bemerkungen.
Am 22. November 1822. Portici, (Gasthof, der Kaserne in der grofsen Strafse gegenüber). 7 Uhr Morgens	28.ᶻ 5,8	....	16″. 0	62°, 0	289,0	Unter der Einsiedelei del Salvatore.
Bei der Kirche Sta Maria Pugliana de Resina. 8¼ Uhr Morgens................	28. 4,1	....	17,0	....	268,2	
Paglerone del Re. 9 Uhr 15′ Morgens................	27. 2,8	....	16,0	....	89,5	
Fufs des Aschenkegels vom Vesuv. 11½ Uhr Morgens ..	26. 3,2	26. 3,07	15,0	....	72,8	Ueber der Einsiedelei.
Oeffnung am Abhange des Kegels, (aus welcher die letzte Lava sich ergossen hatte)	25. 6,8	25. 6,44	....	....	191,9	
Rand des Kraters, Torre del Anunziata gegenüber ..	25. 1,4	25. 0,89	15,0	....	283,8	

Anmerkung.

Diese Beobachtungen sind weniger zuverlässig als die vorhergehenden, weil der Durchmesser der Röhre nicht ganz genau bestimmt worden ist. Der Barometer nehmlich zerbrach am Rande des Kraters. Das Quecksilber stand im Hofraum der Einsiedelei auf 26.ᶻ 7,′9 um 10 Uhr Morgens, bei 16° Reaum.; der Gleichförmigkeit wegen ist hier stets der obere Barometer-Stand rücksichtlich des Gefäfses verbessert worden, weshalb die drei ersten nicht in der zweiten Columne erscheinen.

J. Oltmanns.

GAY-LUSSAC'S Beobachtungen vom Jahr 1805.

Zeit und Ort der Beobachtung.	Barometerstand.	Therm. an der Luft. (Reaum.)	Resultate. Ueber dem Meere nach Oltmanns. (in Toisen.)	Monticelli. (in Toisen.)
Am 28. Julius 1805.				
Am Meere. 7 Uhr Abends	338′,5	22°,0		
Einsiedelei del Salvatore. 10 Uhr Abends	316,3	18,0	298,8	302,0
Ebendaselbst, den 29. Julius. 2 Uhr Morgens	316,4	19,0		
Unterer Rand des Kraters. 3 Uhr Morgens	300,0	15,0	533,9	530,0
5 Uhr Morgens	300,5	15,0		
Höchster Rand des Kraters. 5½ Uhr Morgens.	295,4	14,4	602,5	606,0
Anfang des Aschenkegels. 7½ Uhr Abends	311,5	18,0	372,3	375,0
Einsiedelei del Salvatore. 11½ Uhr Abends	317,1	22,0		

Anmerkung.

Die Temperatur des Quecksilbers ist derjenigen der Luft gleich gesetzt worden.

GAY-LUSSAC'S, v. BUCH'S und HUMBOLDT'S Beobachtungen vom Jahr 1805.

Zeit und Ort der Beobachtung.	Barometerstand.	Therm. an der Luft. (Reaum.)	Resultate. Ueber dem Meere nach Oltmanns. (in Toisen.)	Monticelli. (in Toisen.)
Am 4. August 1805.				
Hofraum vor der Einsiedelei del Salvatore. 5 Uhr Morgens	315′,4	17°,0	300,4	301,0
Anfang des Aschenkegels. 5¾ Uhr Morgens.	311,0	17,5	365,4	365,0
Schlacken-Hügel, am Mittelpunkte des Kraters. 7 Uhr Morgens	298,5	15,0	541,9	542,0
Niedrigster Krater-Rand. 8 Uhr Morgens	300,7	15,5	510,6	511,0
Portici. 3½ Uhr Morgens	337,0	16,0		
2 Uhr Nachmittags	337,0	24,0		

Anmerkung.

Vergleiche Humboldt: *Relation Hist.* T. I. p. 150. Der Barometer war zu Portici 7,0 Toisen über dem mittleren Wasserspiegel.

Beobachtungen des Lord MINTO.

Zeit und Ort der Beobachtung.	*A*	*B*	*C*	*D*	Rechnungs-Resultate. (in Toisen.)	Bemerkungen.
Am 17. März 1822. (mit einem Reise-Barometer von Cary.)						
Neapel, (21 F. engl. über dem Meere.) 10 Uhr 30′ Vormittags.	30,554	....	16°, 6	14°, 5		
Hofraum vor der Einsiedelei DEL SALVATORE. 1 Uhr 30′ Nachmittags	28,436	26. 8,18	13,5	11,5	305,0	
4½ Fuſs (engl.) unter dem PALO. 4 Uhr 20′ Nachmittags......	26,405	24. 9,31	9,1	8,0	617,1	
Hofraum vor der Einsiedelei DEL SALVATORE. 5 Uhr 35′ Nachmittags.............	28,435	26. 8,16	11,6	11,4	303,2	
6 Uhr 0′ Nachmittags ...	28,433		11,0	10,5		
Neapel, (21 F. engl. über dem Meere.) 9 Uhr 15′ Nachmittags.	30,524		16,5	12,1	....	Die mittlere Höhe ist 30z, 539 = 28z. 7′,86 angenommen worden.

Anmerkung.

A ..... Barometer-Stand in englischem Maaſse.
B ..... — — in französischem.
C ..... Thermometer-Stand am Quecksilber.
D ..... — — an der Luft.

Zu den Höhen müssen noch 2,95 Toisen hinzugefügt werden um solche nehmlich auf die See zurückzuführen.

Fortsetzung. (Lord Minto's Beob.)

Zeit und Ort der Beobachtung.	*A*	*B*	*C*	*D*	Rechnungs-Resultate. (in Toisen.)
Am 17. März 1822. (mit einem Gourdonschen Reise-Barometer.)					
Oeffnung woraus (im Febr. 1822) die Lava sich ergossen. 3 Uhr 20′ Nachmittags	26,424	24. 9,52	16°, 2	8°, 5	7,95
Spitze des Kegels, welcher durch diesen Ausbruch gebildet wurde, 4 Fuſs (engl.) unter dem PALO. 4 Uhr 0′ Nachmittags.	26,290	24. 7,98	19,5	8,5	29,8
4 Fuſs (engl.) unter dem PALO. 4 Uhr 20′ Nachmittags	26,476	24. 9,91	17,0	8,0	27,3
Ebendaselbst. 4 Uhr 0′ Nachmittags	26,440		9,0	8,0	

Anmerkung.

Die Höhen sind über dem Standpunkte beim PALO gerechnet. Davon müssen 3,67 Fuſs = 0,6 Toisen abgezogen werden, um den Höhen-Unterschied zwischen dem PALO und dem Beobachtungs-Orte zu erhalten.

Der Querschnitt der Gourdonschen Röhre verhält sich zum Gefäſse wie 1 : 53, worauf denn auch Rücksicht genommen wurde.

Fortsetzung. (Lord Minto's Beob.)

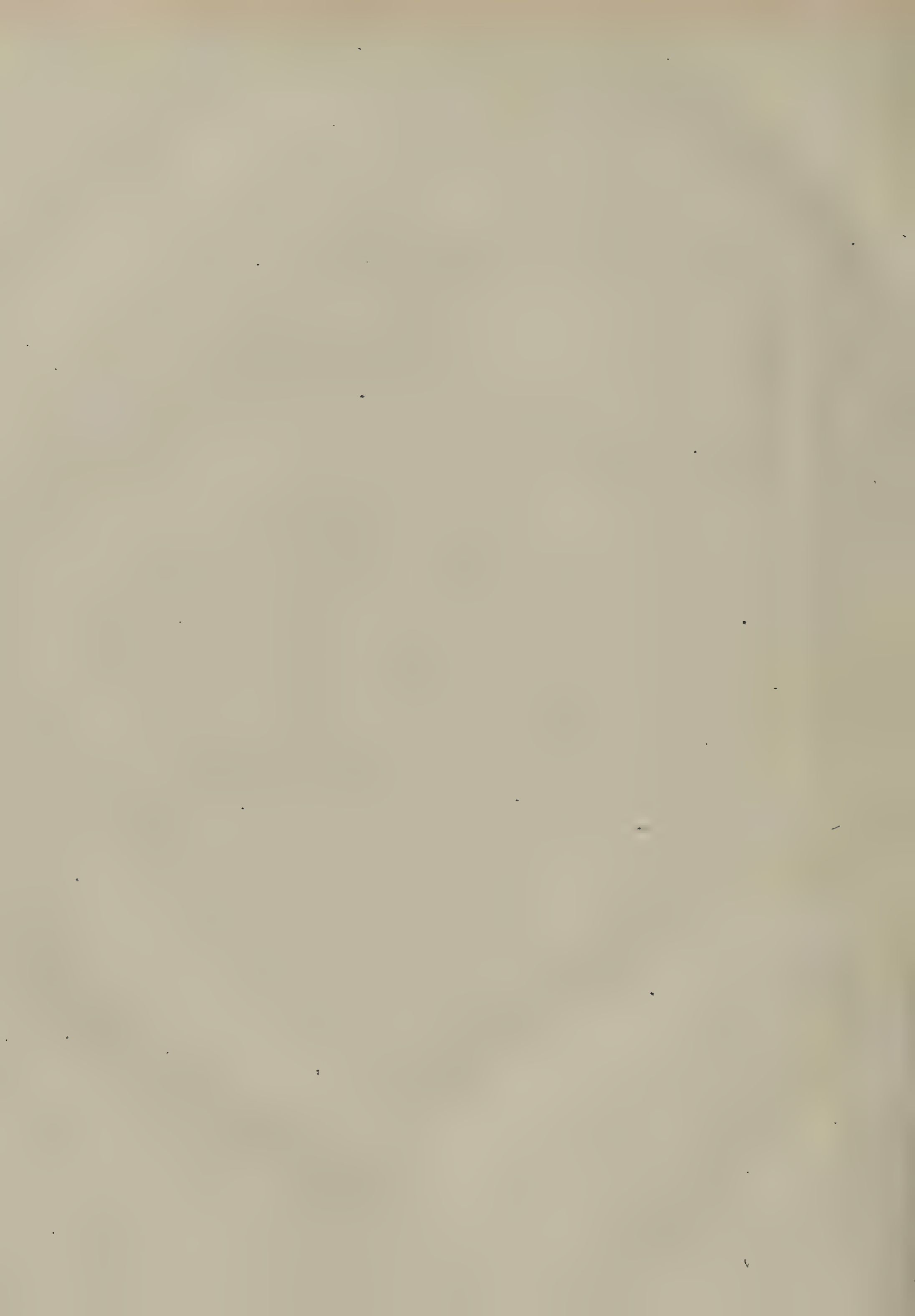
Zeit und Ort der Beobachtung.	*A*	*B*	*C*	*D*	Rechnungs-Resultate. (in Toisen.)	Bemerkungen.
Am 13. April 1822. (mit dem Cary'schen Barometer.)						
Neapel, (21 F. engl. über dem Meere.) 7 Uhr 25 Morgens . .	30,200	28. 4,04	17°, 7			
8 Uhr 30 Morgens . .	30,202	28. 4,06	17,8	17°, 0		
Portici, (3 Fuſs über dem mittleren Wasserstande.) 10 Uhr 40 Morgens.	30,246	28. 4,56	24,5	17,8	1,17	unter Neapel.
10 Uhr 50 Morgens.	30,238	28. 4,47	21,6	17,8	2,89	
Hofraum vor der Einsiedelei del Salvatore. 0 Uhr 45' Nachmittags.	28,173	26. 5,22	18,6	17,3	305,0	
Palo, (3 Fuſs engl. unter dem Signale.) 2 Uhr 40' Nachmitt.	26,198	24. 6,98	16,8	13,3	616,4	
3 Uhr 15' Nachmitt.	26,190	. . . .	16,8	13,0		
3 Uhr 35' Nachmitt.	26,187	24. 6,86	15,8	12,8	617,6	
4 Uhr 45' Nachmitt.	26,175	24. 6,72	13,0	11,5	614,9	
Einsiedelei (Hofraum), [wie oben]. 5 Uhr 55' Nachmittags.	28,153	26. 4,99	17,0	16,2	306,6	
Neapel, (21 Fuſs engl. über dem Meeresspiegel.) 9 Uhr 30 Abends	30,192	28. 4,01	18,8	16,5		
10 Uhr 30' Abends . .	30,190		18,5	16,0		
11 Uhr 45' Abends . .	30,193		18,0			

Anmerkung.

Lord Minto hat diese mit vieler Sorgfalt angestellten Beobachtungen handschriftlich an Herrn v. Humboldt mitgetheilt.

Verbesserungen.

Seite 206 Zeile 6. v. o. statt 4,0053407 lies: 4,0026703 (Der Fehler hat keinen Einflufs auf die Resultate).
- 211 - 3. in der Tabelle, statt 408 l. 428.
- 219 - 27. v. o. statt d. i. *nc* l. d. i. *no*.
- 251 - 1. v. u. - Dafs l. Das.
- 258 - 8. v. o. - Sechsundsechskantner l. Sechsundsechskantnern.
- 260 - 2. v. o. - voszukommen l. vorzukommen.
- - - 8. v. o. - den Ausdruck l. dem Ausdruck.
- - - 18. v. o. - ihr gemeinschaftlich l. ihr gemeinschaftliches.
- - - 23. v. o. - des Trigonometers l. der Trigonometrie.
- - - 26. v. o. - den Richtungen l. die Richtungen.
- 308 - 17. v. o. - Speiskobald l. Speiskobalt.
- 319 - 6. v. u. - Zinn zum zweiten l. Zinn zu gleichen Theilen zum zweiten.
- 320 - 9. v. o. - an derselben Stelle l. an denselben Stellen.
- 334 - 7. v. o. - Metalle l. Metallen.
- 354 - 16. v. o. - derselben, mit l. derselben mit.
- 355 - 12. v. u. - der der Zinkstreifen l. der Zinkstreifen.
- 372 - 10. v. o. - Madagascar und l. Madagascar, und.
- 373 - 4. v. o. - auch hierzu l. hierzu.



zu Herrn Lichtensteins Abhand
r ourifsen Robben Phys. Kl 1822

Fig. I.

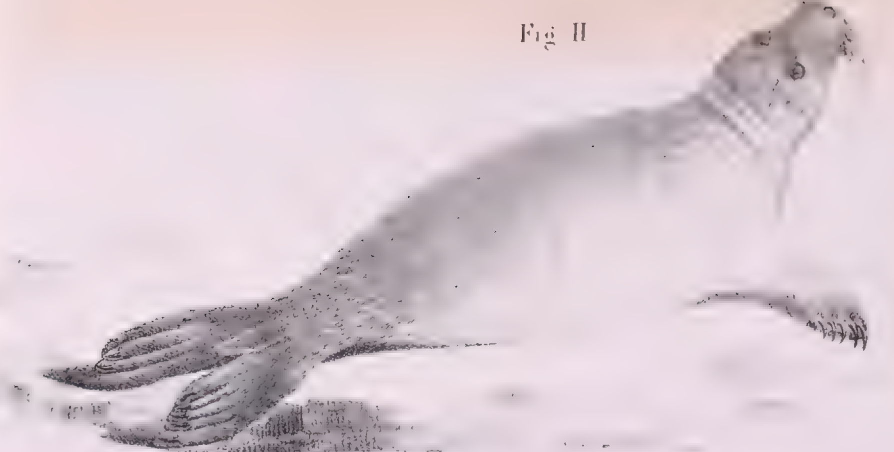
Fig. II.



Zu Herrn Lichtenstein's [illegible]
[illegible] Robben Thier. [illegible]

Fig. I.

Fig. II.



Phoca Gryphus Fabr.

Ph. hispida Schreb.

Fig. I. Muthmaßliches Winterkleid des Thieres in welchem es im April zu uns gekommen

Fig. II. Sommerkleid, in welchem es sich um die Mitte M[illegible] zeigte.



Zu Herrn Lichtensteins Abhandl. über äussere Backentaschen. Phys. Classe 1821.

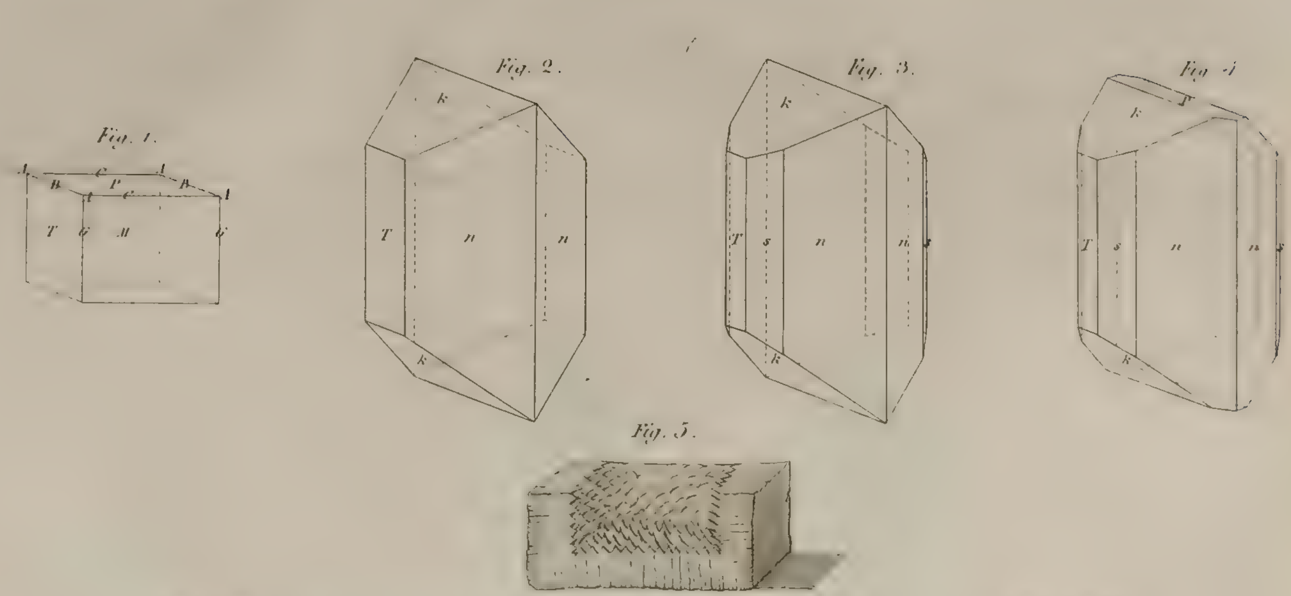


ASCOMYS CANADENSIS N.

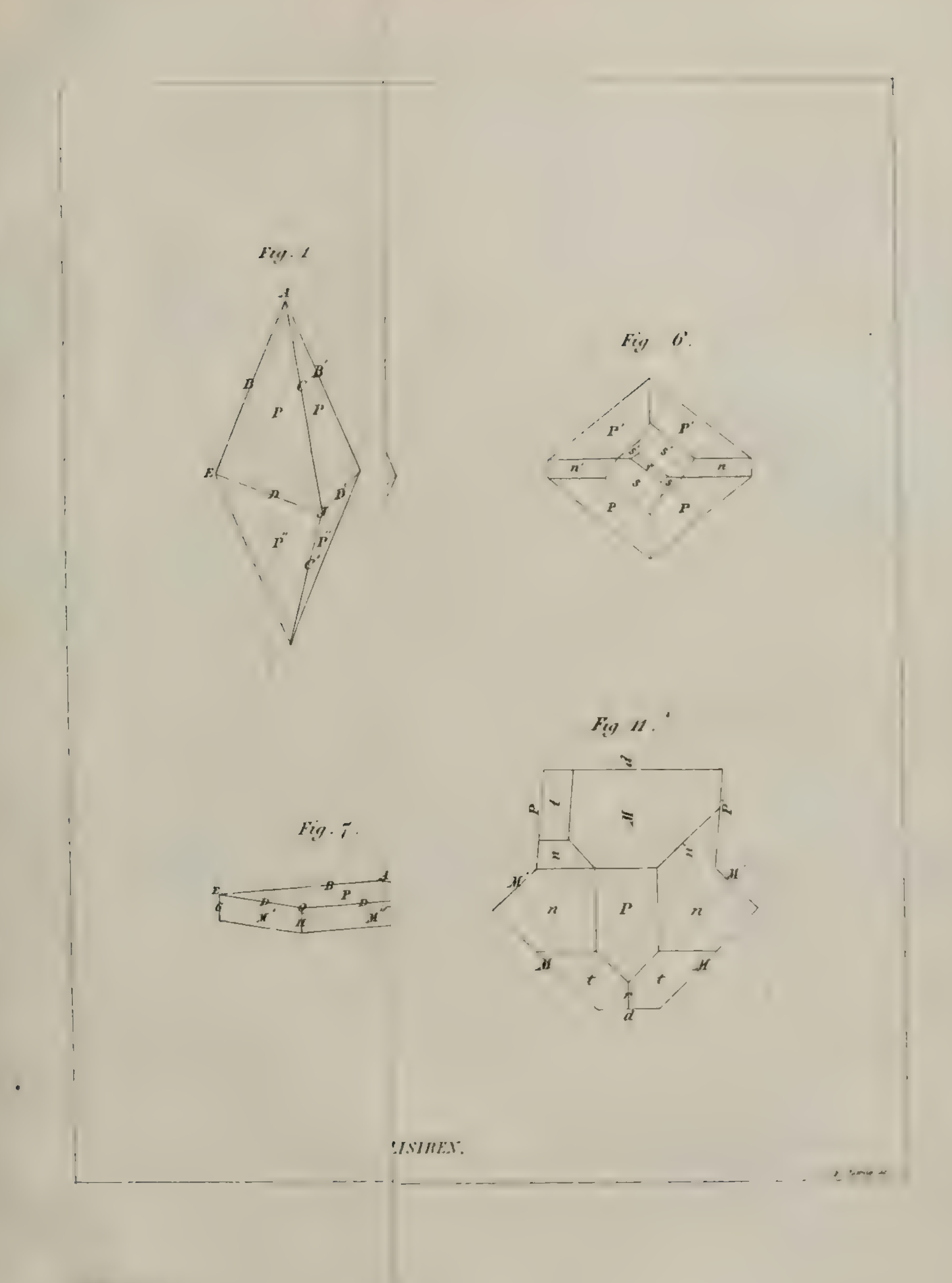
Saccophorus bursarius. Kuhl. Diplostoma fusca. Rafin.

Fig. 2. Der Kopf von unten gesehn.

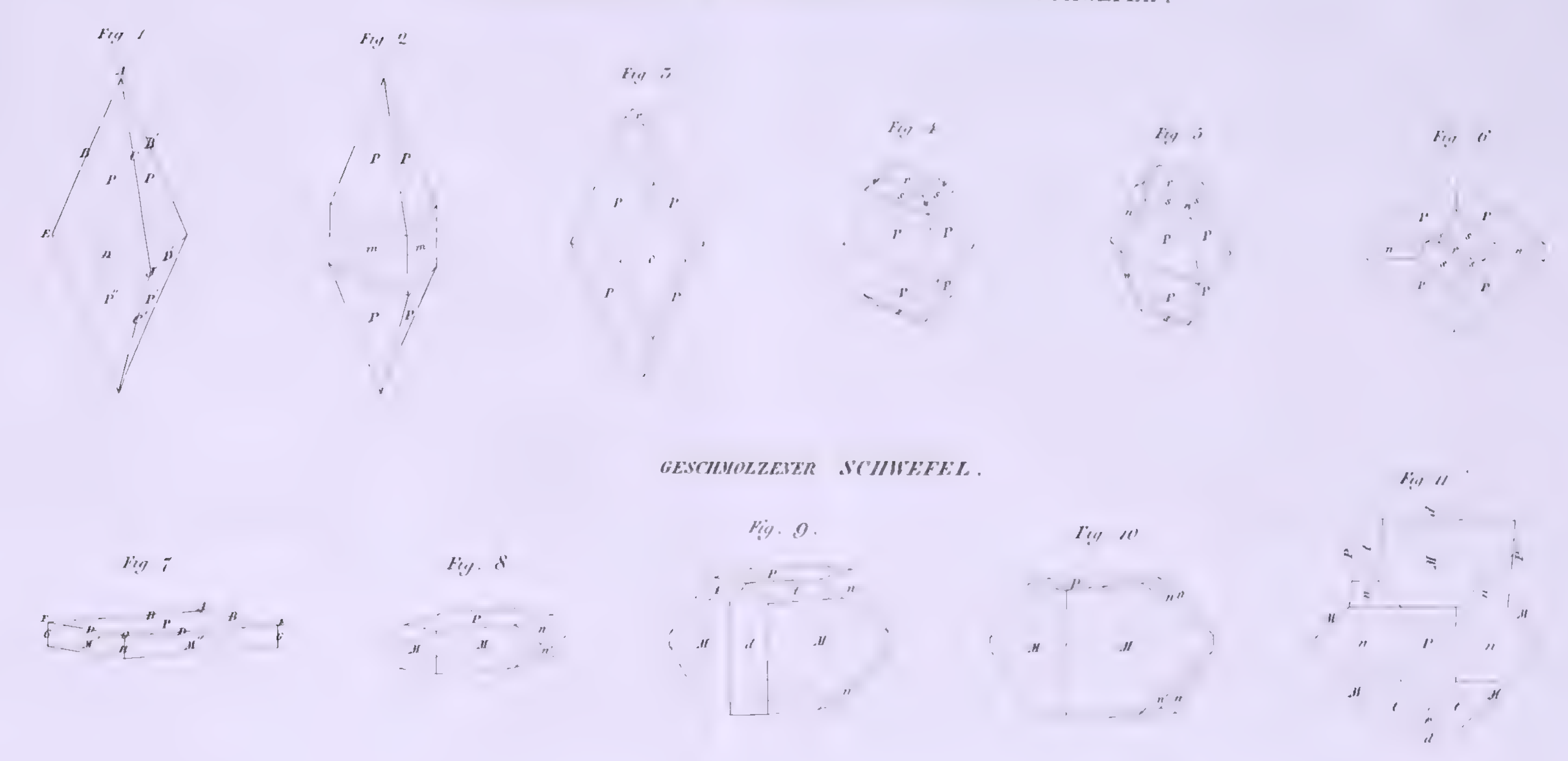
Krystallformen des Chrysoliths und Eisenoxydul-Silicats.



Zu Herrn Mitscherlich's Abhandlung über die künstliche Darstellung der Mineralien aus ihren Bestandtheilen


Fig. 1
Fig. 6'.
Fig. 7.
Fig. 11.
ISTREN.

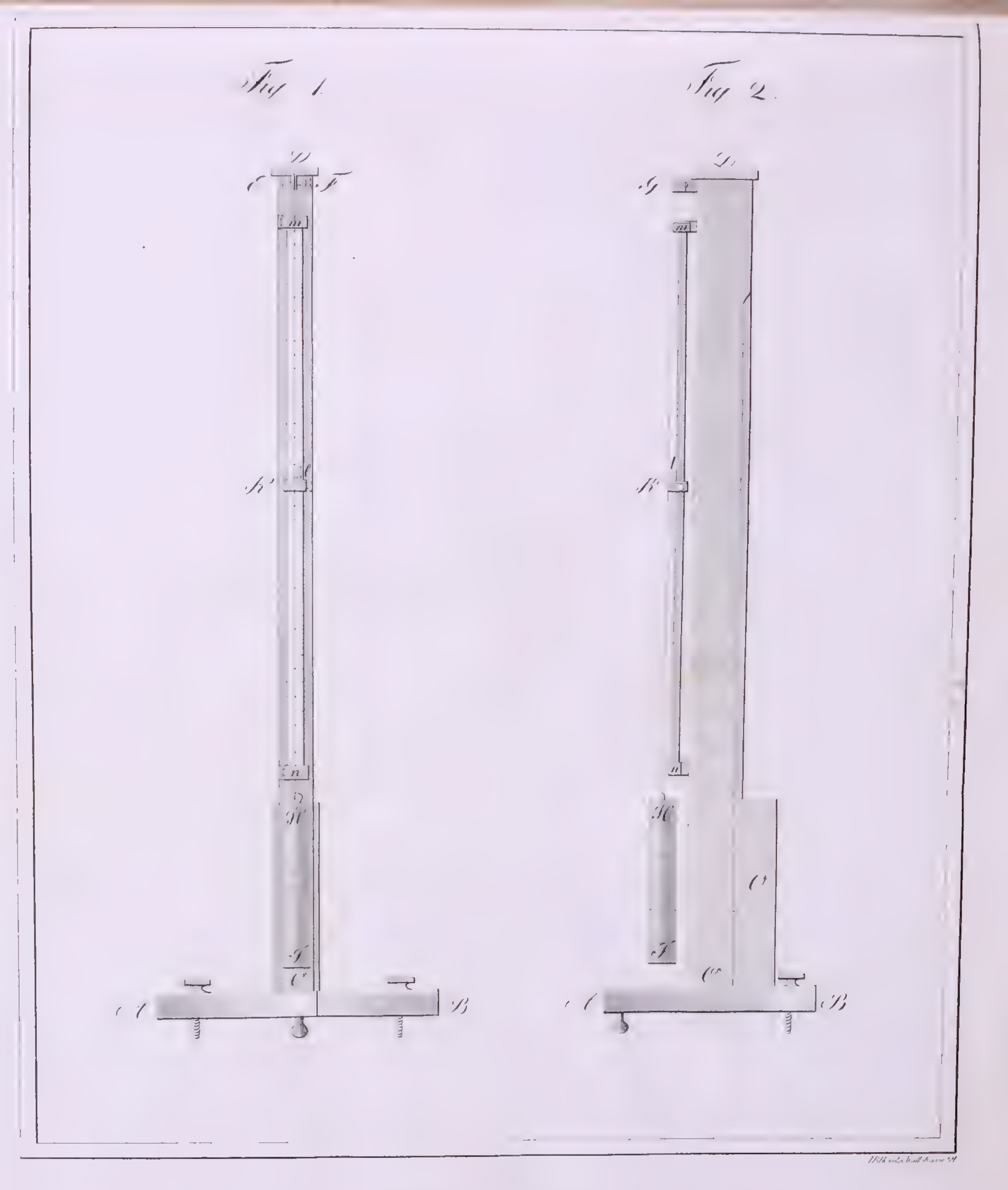
NATÜRLICHER und aus AUFLÖSUNGEN KRYSTALLISIRTER SCHWEFEL.



ZU HERRN MITSCHERLICH'S ABHANDLUNG ÜBER DIE KÖRPER, WELCHE IN ZWEI VERSCHIEDENEN FORMEN KRYSTALLISIREN.

Fig. 1.

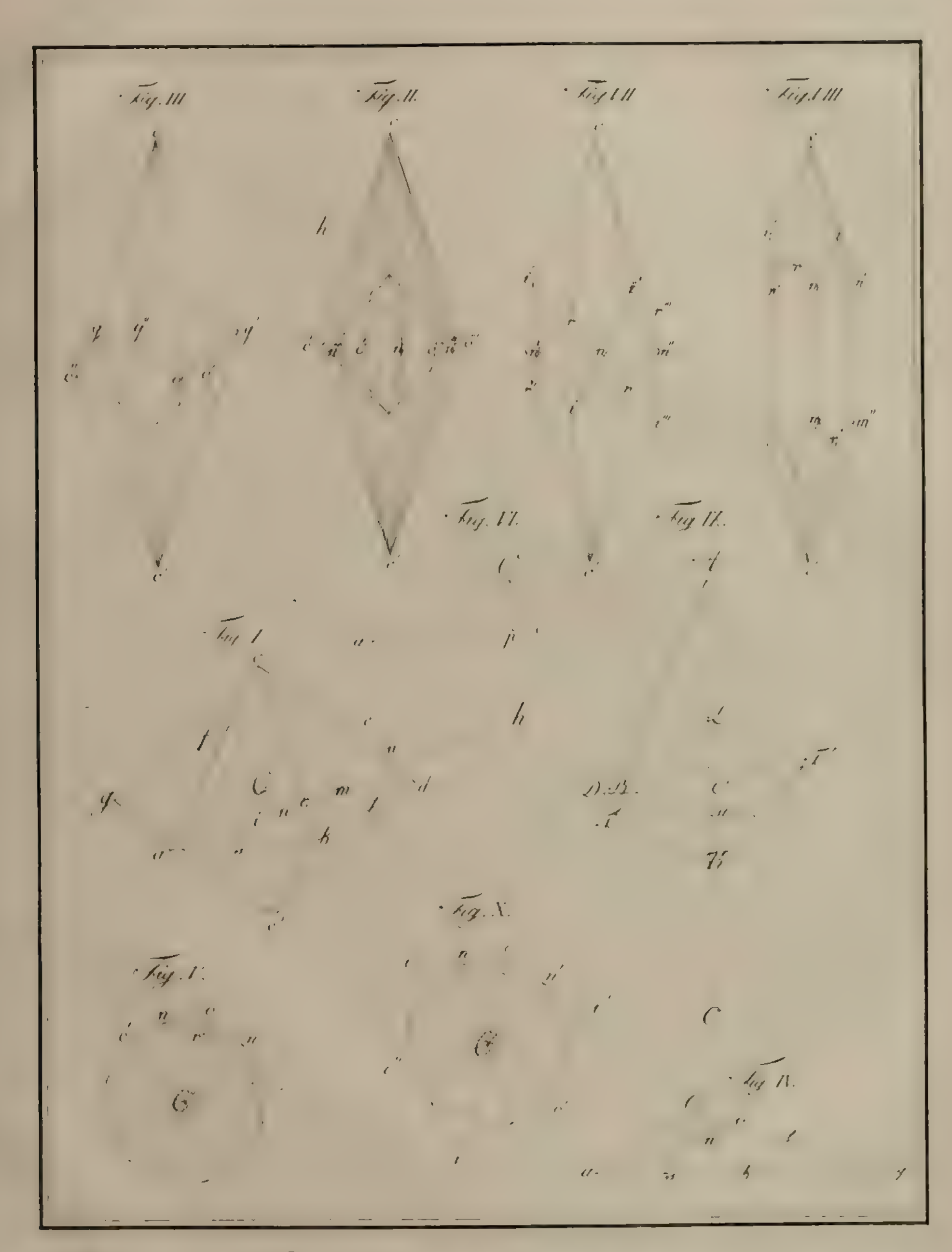
Fig. 2.



MONOCHORD

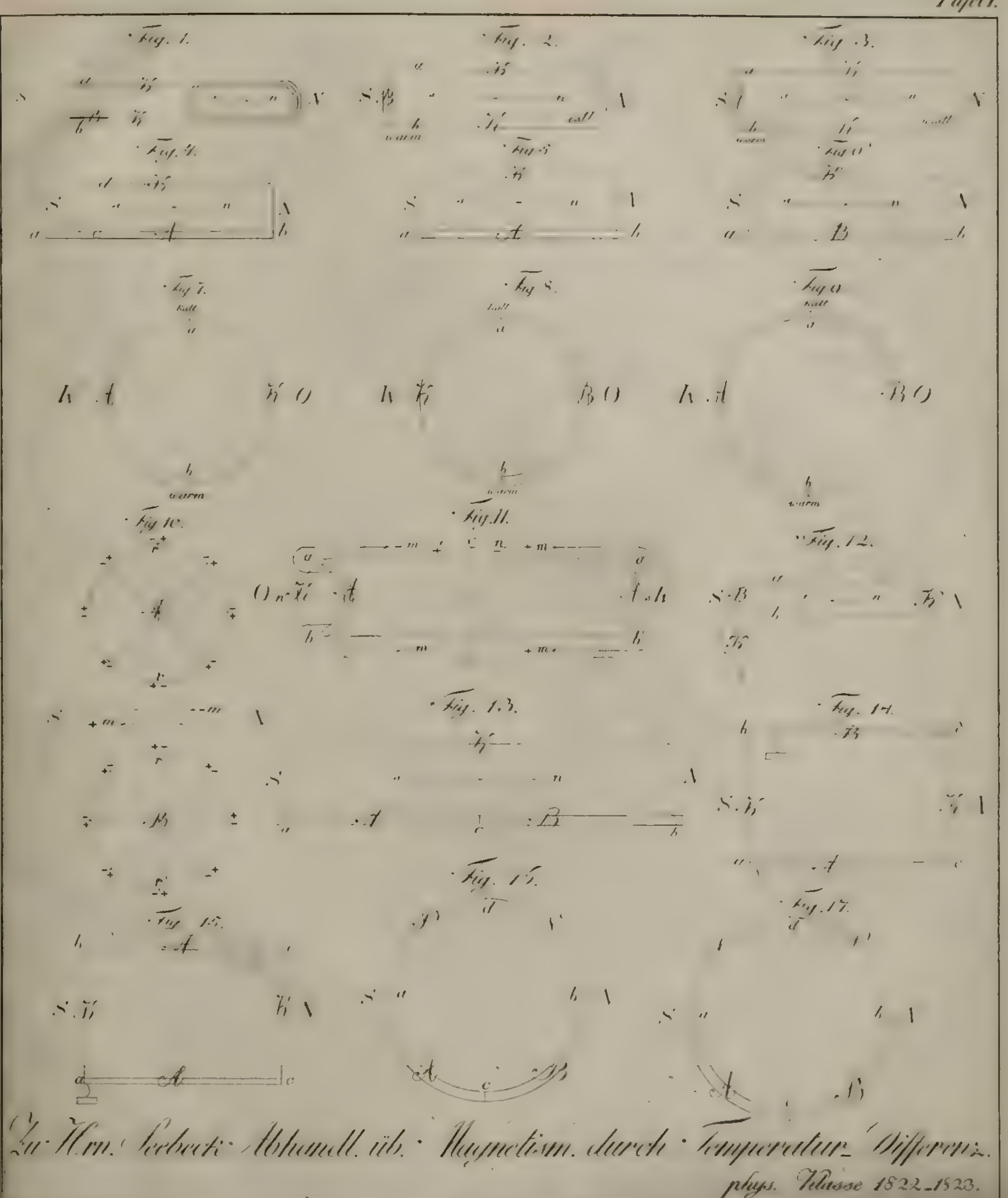
zu genauen Versuchen über die Schwingungen der Saiten.

Zu Herrn Fischers Abhandlung über die Schwingungen der Saiten, phys. Klasse 1822. 1823.



Zu Hrn. Weiss Abhandlung u. d. Theorie d. Sechsundsechs = und Dreiunddreikantner




Tafel I.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
kalt
warm
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Zu Hrn. Seebeck Abhandl. üb. Magnetism. durch Temperatur-Differenz.
phys. Klasse 1822-1823.





Zu Hrn. Seebeck's Abhandl. üb. Magnetism. durch Temperatur-Differenz

phys. Klasse 1822–1823.





